

# مَبَادِي الْحَيَوَمُورْفُولُوجِيَا

(أَشْكَالُ التَّضَرُّيِّينَ الْأَرْضِيَّاتِ)



Bibliotheca Alexandria

0100964



دار الفكر

مترجم  
عبد الرحمن حمزة

مأخذ  
ماكس برونو



بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

مَبَادِي الْحَيَوَانِ فَوَلِّجِيَا  
(أَشْكَاكَ الْاَنْصَرِيَا الْاَرْضِيَا)



# مَبَادِي الْجُيُودِ فَوْجِيَا

(أَشْكَالُ التَّضَرُّيسِ الْأَرْضِيَّةِ)

تأليف  
عَبْدُ الرَّحْمَنِ حَمِيدَه  
أستاذ في قسم الجغرافيا  
جامعة دمشق

تأليف  
ماكس ديروو  
أستاذ في جامعة غريغوريان  
فرنسا

دار الفكر

١٤٠٢ هـ - ١٩٨٢ م

طبع بطريقة الصف التصويري  
في دار الفكر بدمشق



## مقدمة الطبعة الثانية

حمداً لله وشكراً وصلاة على محمد وسلاماً وبعد .

أقدم الطبعة الثانية من كتاب « مبادئ الجيومورفولوجيا » بعد أن قمت بتنقيحه واضفت اليه شروحات عديدة توضح ما يصعب فهمه وتجلو النقاط الغامضة في النص .

وأود في هذا المجال أن أبين لأبنائي الطلبة أن فهم هذه المادة لا يمكن بحال من الأحوال أن يكون بمعزل عن اكتساب زاد كاف من المعرفة في الجيولوجيا العامة .

كما ألفت نظرهم الى أن هذا الفرع من علم الجغرافيا يستدعي الاعتماد دوماً على المراجع المطولة في اللغات الأجنبية ، من انكليزية أو فرنسية ، بسبب جودة تنسيقها المنطقي وغناها بالأشكال والصور التي تساعد على سرعة الفهم وعلى تمثل المعلومات والله الموفق .

المعرب

## المقدمة

لما كانت المكتبة الجغرافية العربية ، ولا زالت ، مفتقرة لمؤلفات في ميدان علم اشكال الارض أو « الجيومورفولوجيا » . ورغبة مني في تبسيط هذا العلم الذي يعتبر بحق مفتاح معرفة الفروع الجغرافية الاخرى ، فقد اخترت أحدث كتاب ظهر في هذا المضمار وأكثر المؤلفات الماثلة ايجازا ، وقت بترجمته مع اضافة امثلة من الاقطار العربية واشكال وصور تزيد ايضا وهو :

Les Formes du relief terrestre

( notions de géomorphologie )

لمؤلفه

Max Derruau. Paris 1969

غير أن هذا الكتاب الذي أقدمه لطلبة الجغرافيا العرب لا يغني بأي حال من الاحوال عن الكتب الاخرى ، الاكثر تفصيلاً ، وخاصة تلك التي تعالج ابحاث الجيومورفولوجيا في المناطق القاحلة وشبه القاحله ، والتي تنتسب اليها معظم ارجاء وطننا العربي الكبير .

والله وحده أسأل أن يمنحني العزيمة وفسحة في الاجل كي أتمكن من المساهمة في جعل دراسة هذا الفرع من المعرفة الجغرافية أيسر سبيلا وأسهل منالاً وهو ولي التوفيق .

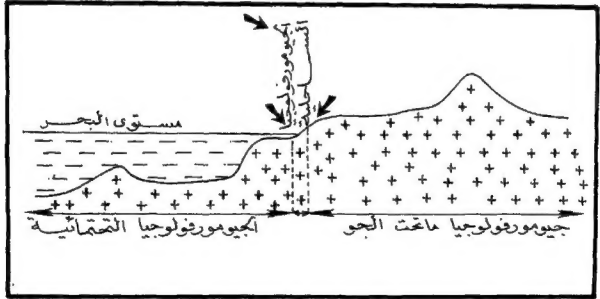


## اشكال التضريس الارضي

المدخل : يجب ان نغز عند دراستنا أشكال التضريس الارضي ، بين الاراضي المنخفضة ، كقيعان البحار والبحيرات ، وبين الاراضي الياصة ، اي التضريس الواقع تحت الهواء ( شكل ١ ) أما مجال التلس بين الاثنين ، أي الساحل ، فهو مجال خاص منفرد ، وسندرس فيها يلي الاراضي الياصة أو العائقة ، والساحل .

### اولا - خطوط القاع والفواصل النهرية : Talwegs et interfluves

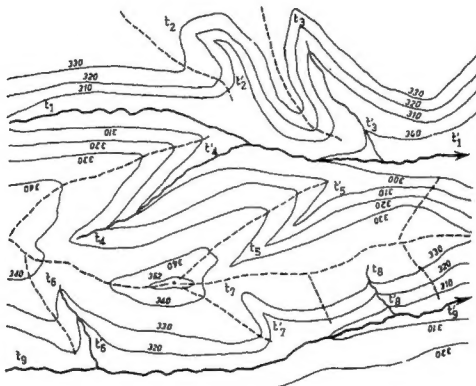
تنقسم طبغرافية المساحات العائقة ، على العموم ، الى عنصرين هما خطوط القاع والفواصل النهرية ، وتطلق كلمة خط القاع talweg على الخط الذي يصل اخفض النقاط في وادٍ ما . فسيرير النهر يتبع خط القاع ، هذا اذا لم نأخذ بعين الاعتبار عرضه ، واذا ما اعتبرناه كخط حسبها يتمثل في الخرائط . ونجد خط القاع هذا حتى ولو لم يكن هناك مجرى مائي دائم ، كما هو الحال في



شكل ( ١ ) مقطع يظهر مجالات الجيومورفولوجيا الثلاثة

الصحاري أو في مسيل ذي قاع منفذ للماء . ويستثنى من ذلك الطبوغرافية الحواية على منخفضات مغلقة ، كبعض المناطق ذات الصخور الكلسية أو بين الكثبان الرملية ، وكذلك في المناطق ذات الطبوغرافية المستوية تقريبا .

وتطلق تسمية الفاصل النهري interfluvies على المساحة الواقعة بين خطي قاع . ويشتمل الفاصل النهري ذاته على قمة وعلى سفحين . فقمة



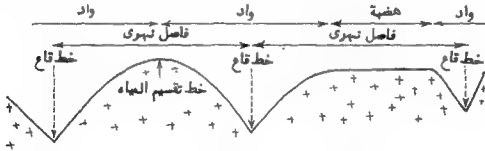
( شكل ٢ ) الفواصل النهرية وخطوط القاع

تمثيل كارتوغرافي بواسطة خطوط التسوية ( الكنتور ) . وتشير الخطوط المتقطعة الى خطوط تقسم المياه ( وتسمى أحيانا خطوط العرف ) ، أي الى قمم الفواصل النهرية : وكل خط قاع يرمز اليه بحرف ، الى جانب رقم أما خطوط القاع ١١ ، ١٢ ، ١٣ ، ١٤ ، ١٥ ، ١٦ ، ١٧ ، ١٨ ، ١٩ ، ٢٠ ، ٢١ ، ٢٢ ، ٢٣ ، ٢٤ ، ٢٥ ، ٢٦ ، ٢٧ ، ٢٨ ، ٢٩ ، ٣٠ ، ٣١ ، ٣٢ ، ٣٣ ، ٣٤ ، ٣٥ ، ٣٦ ، ٣٧ ، ٣٨ ، ٣٩ ، ٤٠ ، ٤١ ، ٤٢ ، ٤٣ ، ٤٤ ، ٤٥ ، ٤٦ ، ٤٧ ، ٤٨ ، ٤٩ ، ٥٠ ، ٥١ ، ٥٢ ، ٥٣ ، ٥٤ ، ٥٥ ، ٥٦ ، ٥٧ ، ٥٨ ، ٥٩ ، ٦٠ ، ٦١ ، ٦٢ ، ٦٣ ، ٦٤ ، ٦٥ ، ٦٦ ، ٦٧ ، ٦٨ ، ٦٩ ، ٧٠ ، ٧١ ، ٧٢ ، ٧٣ ، ٧٤ ، ٧٥ ، ٧٦ ، ٧٧ ، ٧٨ ، ٧٩ ، ٨٠ ، ٨١ ، ٨٢ ، ٨٣ ، ٨٤ ، ٨٥ ، ٨٦ ، ٨٧ ، ٨٨ ، ٨٩ ، ٩٠ ، ٩١ ، ٩٢ ، ٩٣ ، ٩٤ ، ٩٥ ، ٩٦ ، ٩٧ ، ٩٨ ، ٩٩ ، ١٠٠ . لكن خطوط القاع ١٣ ، ١٤ ، ١٥ ، ١٦ ، ١٧ ، ١٨ ، ١٩ ، ٢٠ ، ٢١ ، ٢٢ ، ٢٣ ، ٢٤ ، ٢٥ ، ٢٦ ، ٢٧ ، ٢٨ ، ٢٩ ، ٣٠ ، ٣١ ، ٣٢ ، ٣٣ ، ٣٤ ، ٣٥ ، ٣٦ ، ٣٧ ، ٣٨ ، ٣٩ ، ٤٠ ، ٤١ ، ٤٢ ، ٤٣ ، ٤٤ ، ٤٥ ، ٤٦ ، ٤٧ ، ٤٨ ، ٤٩ ، ٥٠ ، ٥١ ، ٥٢ ، ٥٣ ، ٥٤ ، ٥٥ ، ٥٦ ، ٥٧ ، ٥٨ ، ٥٩ ، ٦٠ ، ٦١ ، ٦٢ ، ٦٣ ، ٦٤ ، ٦٥ ، ٦٦ ، ٦٧ ، ٦٨ ، ٦٩ ، ٧٠ ، ٧١ ، ٧٢ ، ٧٣ ، ٧٤ ، ٧٥ ، ٧٦ ، ٧٧ ، ٧٨ ، ٧٩ ، ٨٠ ، ٨١ ، ٨٢ ، ٨٣ ، ٨٤ ، ٨٥ ، ٨٦ ، ٨٧ ، ٨٨ ، ٨٩ ، ٩٠ ، ٩١ ، ٩٢ ، ٩٣ ، ٩٤ ، ٩٥ ، ٩٦ ، ٩٧ ، ٩٨ ، ٩٩ ، ١٠٠ . لاحظ المر الواقع بين ١٤ و ١٥ وبين ١٦ و ١٧ أنه يؤلف سرحا في خط تقسم المياه .

الفاصل النهري يمكن تشبيهها بخط تنقسم عنده المياه الهاطلة من الجو ، خط يسمى احيانا خط الاعراف crêtes غير أن لهذه العبارة محاذيرها لانها تؤدي الى الالتباس ، نظرا لان كلمة العرف مخصصة ، في علم الجيومورفولوجيا ، لخط الذرى الحادة والصخرية . ويتألف خط الذرى في أغلب الحالات من عراقيب متتالية ، تنفصل عن بعضها بممرات cols او بسروج ensélements ( ممرات منفرجة على شكل موقع السرج فوق ظهر الحصان ) ( شكل ٢ و ٣ ) .

### ثانيا - الحت والتتيولوجيا والبنية :

يعتبر تكييف modelé التضريس ، على شكل خطوط قاع وفواصل نهريّة ، نتيجة لعمل الحت érosion ، وليس عبارة عن وضع مسبق كائن أصلاً ، وكان الأودية قد خلقت لتسهيل جريان الماء . ولكن من الصحيح أيضا القول بأن عوامل الحت لم تبدأ عملها فوق سطح منبسط ، ذلك لأن القوى التي انهضت أو جمّعت سطح الأرض ، هذه القوى التي تدعى القوى



( شكل ٣ ) مقطع يظهر خطوط القاع والفواصل النهرية

يشغل الفاصل النهري الأير على سفحي واد ، منفصلين عن بعضها بخط تقسم ماء . لكن الفاصل بري الأين يمتد على الحيرة نوعا ما ، لأنه يشغل فضلا عن ذلك على منطقة هضبية ، بحيث يشكل خط التقسيم المائي نوعا من « سطح » تقسم مياه .

التكتونية tectoniques ، أي القوى الهندسة ، لأنها كالمهندس تبني التضريس ، قد أوجدت مرتفعات وأماكن واطئة ، اذن فالحت يصنع التضاريس التي خلقها وأوجدها البناء أو التكتونيك tectonique

ويأخذ هذا التكييف التضريسي طبيعة الصخور بعين الاعتبار ، أي يتأثر بالليتولوجيا lithologie<sup>(١)</sup> . وبالفعل يبرز الحت ويكشف ، كما يحدث مثلا على خواصر الأودية الناجمة عن تعمق الأنهار التدريجي ، يبرز ذاك الصخر القاسي ، فلا يلبث أن يجعله ناتئا (شكل ٤) . فالبناء أو التكتونيك يشيد التضاريس بالاستعانة بمواد مختلفة قد تكون رخوة أو قاسية ، ويقوم الحت بتهديم هذه التضاريس ، ولكنه يقوم بذلك بصورة متفاوتة ، فيعمل بسرعة أكبر في الصخور الطرية ، أي يعمل حسب الليتولوجيا ، فيقال ان عمله قفاضلي أو تبايني différentiel أي يتباين حسب مقاومة الصخور . فالتقاطيع التي يخلقها الحت والتي تقارن بالتقاطيع التي يصنعها النحات الذي يصنع التآثيل<sup>(٢)</sup> انما تعبر عن العلاقة المتبادلة بين عمل الحت ، وبين دور



(شكل ٤) تم الصخور القاسية ، من كلسية أو لابة بركانية ، تم عن نفسها بالبوارج في الاتجاه الأفقي ( صخر كلسي ) أو العمودي ( مدخنة بركانية ) حسب ارتفاع الصخور ، أي حسب البنية . وهنا نلاحظ العلاقة المتبادلة بين عمل الحت وبين طبيعة صخور الأرض .

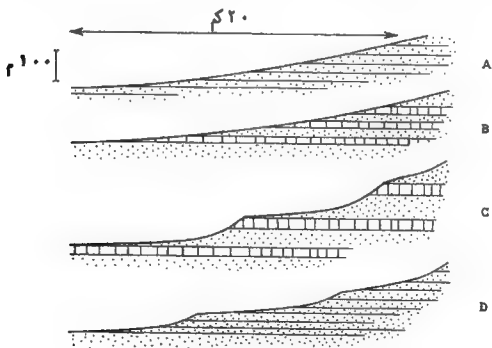
(١) مأخوذة من كلمة lithos ، أي حجر .

(٢) ومن هنا جاءت عبارة glyptogenèse التي تستعمل أحيانا كمرادف لكلمة تكوين الأشكال morphogenèse عند الكلام عن دراسة منشأ وأصل أشكال التضاريس

القوى التكتونية وطبيعة الصخور . وهذا ماسيدل عليه التعن في بعض الأمثلة .

١ - لنتأمل في حالة خط قاع : ويكون مقطعه الطولي منتظماً كما في A وفي B أو غير منتظم كما في C و D . ويقال ان مقطعه منتظم اذا كان تغير الانحدار تدريجياً أو إذا كان هذا الانحدار ثابتاً على قطاعات كاملة ، حتى ولو كانت الصخور التي يجتازها المقطع المذكور متباينة في طبيعتها . أي أن عمل الحت تغلب على اختلافات المقاومة الصخرية ( شكل B ) .

أما اذا كان المقطع الطولي في خط القاع غير منتظم ، أي اذا كان حاوياً على انقطاعات في الانحدار ، أي في الميل ، فعنى ذلك أن الانحدار يتناقص أو يتزايد بصورة فجائية . فقد تنتج انقطاعات الميل عن انتقال من صخر لآخر ( شكل C ) ، ولكنها قد تكون مستقلة عن طبيعة الصخور ( شكل D ) أو بعبارة



( شكل ٥ ) مقاطع طولانية منتظمة ومقاطع طولانية غير منتظمة لخطوط القاع

أخرى تعود بعض انقطاعات الميل لأصل ليتولوجي ، في حين يعود بعضها لأصل مختلف مثل درجات مصاطب لحقية أو حتية .

مثلاً قد نرى انقطاعاً في الميل على نقطة تدل على استئناف في الحت ، وقد يكون هذا الانقطاع ناجماً عن حركة أدت ، في السافلة<sup>(٣)</sup> الى ازدياد في ميل النهر .

٢ - لننأمل في حالة سفح . فقد يكون هذا السفح منتظماً ، وهذا سواء في صخور مختلفة بين أعلى السفح وحضيضه ، أو في صخور متشابهة . كما قد يكون غير منتظم ، واختلاف الانتظام فيه قد يكون ناتجاً عن اختلافات في مقاومة الصخور أو غير ناتج عن اختلافات المقاومة المذكورة .

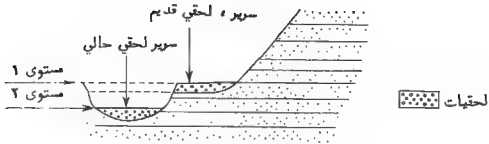
ونرى أمثلة السفوح المنتظمة في كثير من مشاهد تضاريس بلادنا كالسفوح الحوارية على ضفاف نهر الكبير الشمالي وفي القلمون في غربي النبك . ولا تقل السفوح غير المنتظمة عدداً عن ذلك . وتبرز هذه الحالة عندما يظهر منبسط يقطع انحدار الميل ، فقد يكون هذا المنبسط replat عبارة عن سرير نهري قديم برز ناتئاً بعد استئناف تعمق حديث اعترى خط القاع (شكل ٦) .

فقد يكون هذا المنبسط ناتجاً عن إنكشاف ساف<sup>(٤)</sup> من صخر قاس : صخر رملي ، صخر كلسي ، بازلت . ففي كلتا الحالتين - أي حالة مقطع سفح واد أو مقطع خط قاع - تستطيع الليتولوجيا اذن أن تلعب دورها في التضريس ، ولكن يجوز أيضاً أن لا يكون لها أي دور ، على عكس ما سبق إذ قد تظهر تفاوتات في ارتفاعات التضريس ، وذلك مع غياب الاختلافات الليتولوجية .

---

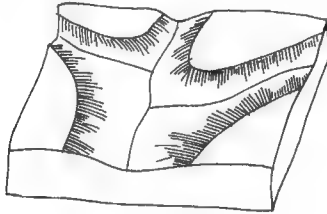
(٣) السافلة أو السفلى أي القطاع السفلي في نهر ما . فمدينة بندق تقع ، بالنسبة للموصل في سافلة نهر دجلة وتقابل aval بالفرنسية و downstream بالانكليزية .

(٤) الساف ويقصد به طبقة رقيقة تقابلها بالفرنسية lit أو strate وبالانكليزية bed

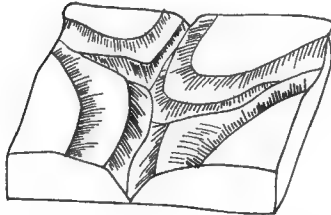


شكل ٦ : مثال عن منبسط أو درجة على منح

في ذلك شاهد على عصر كان النهر يجري خلاله في مستوى ١ ، الذي كان سريراً قديماً لنهر ثلاثي جريئاً ( حط متقطع ) وباق حزئياً ، ويشكل انقطاعاً في الليل لأنه برز بفعل تجديد في تعمق النهر حق مستوى ٢ .



المرحلة أ



المرحلة ب

( شكل ٧ ) تشكل منبسطات ( مصاطب صخرية ) في التكوين الصخري تنسه أي مع انعدام الفوارق الليتولوجية بسبب تعمق مجرى النهر بعد انخفاض مستوى الأساس

ومن هنا نستشف وندرك مبادئ التحليل الجيومورفولوجي . هذا التحليل الذي يرمي الى تبيان دور الطبقات الجيولوجية ( الليتولوجيا ) في التضاريس وأوضاع ارتصافها disposition : فهذه الطبقات يمكن أن تكون أفقية أو مائلة ، كما يمكنها أن تكون متوجة . ولكن على التحليل أن يبحث أيضا عن دور العوامل المستقلة عن كل بنية . ترى هل عمل الحت كثيرا ؟ وهل توصل الى طمس المؤثرات الليتولوجية ؟ .

ومن هنا جاءت الدراسة المزدوجة والمنفصلة لطائفتين كبيرتين من العوامل :

فتطلق كلمة البنية على طبيعة الصخور أي هي قاسية أو رخوة أو منفذة أو كثية وأوضاعها أي فيما إذا كانت أفقية أو ملتوية أو مهشمة بكسور ، بمعنى أن مفهوم البنية يشمل على مفهوم الليتولوجيا ، ولكنه يشتمل عاملا آخر يعود للبناء ، أي التكتونيك ، باختلافات انحناءات الطبقات ، والكسور والطيات الخ . وهذا تكون الجيومورفولوجيا البنيوية احدى أكبر أجزاء دراسة التقاطيع التضرسية .

وهناك طائفة أخرى من عوامل تخص تلك التي تنحت وتهندس التضريس هادفة تخريبه بصورة متفاوتة . وتقصد بها عوامل الحت المختلفة ؛ كالياه الجارية ، والرياح ، والجوديات الخ . وتشكل دراستها مورفولوجية الحت . وتستعمل أحيانا عبارة الجيومورفولوجيا الدورية cyclique ، في معنى يختلف بصورة طفيفة جدا . فلما كان عمل الحت يؤدي لتقويض التضريس تدريجيا حتى تسويته تماما ، ريثما تحدث حركات جديدة تؤدي لانبعاث الأشكال ولاستناف عمل التهديم ، نلاحظ أن الحت يتصرف بصورة دورية ، وذلك باستئناف عمله بعد كل فترة حركات أرضية ، أو أوروغينية ،



أي حركات مولدة للجبال . ومن هذا جاءت عبارة الدروة الحتية ، ومنها  
أشتقت تسمية الجيومورفولوجية الدورية .

هذا ولا تقتصر دراسة المورفولوجيا الدورية على الأشكال الحتية المألوفة  
كأشكال مجرى واد سيّلي فحسب ، بل تهتم أيضا بدرجة تطور الأشكال فما اذا  
كان عمل الحت متقدما فيها أم لا ، مثلما تدرس كذلك دلائل وشواهد الأشكال  
الحتية القديمة التي يعمل تجدد الحفر حاليا على تهديمها .

وحقيقة القول ان عبارة الدورية ، التي حاولنا تفسير أصلها ، هي عبارة  
قابلة للجدل لأنها تستند على نظرية غير متفق عليها . فهي تفترض أن الحت  
يشتغل خلال حقبة طويلة لا تحدث خلالها حركات تكتونية أبدا ويعدّد تأني  
فجأة حركات تكتونية سريعة تؤدي لتجدد الدروة . تلك هي النظرية التي أتى  
بها العالم الجيومورفولوجي الأمريكي الشهير ويليام موريس ديفيس في أواخر  
القرن الماضي واعتنقها العالم الفرنسي ديمارتون من بعده .

وتبدو هذه النظرية سهلة المآخذ ولكننا نلاحظ في أغلب الحالات أن  
التكتونيك يعمل خلال حقبة طويلة بصورة متزامنة مع عمل الحت ويجب أن  
نكون حذرين جدا عند تطبيق النظريات الدورية في دراساتنا .

هذا كما لا يجوز النظر الى الحت كمفهوم مجرد . فهو يعمل في شروط  
حيوية مناخية bioclimatiques تختلف جداً باختلاف الحالات ، ففي  
غابة كثافة البلوط والزان أو الشوح في الأقطار المعتدلة ، مثلما هو الحال في  
الغابة الاستوائية ، نجد أن الأرض تكون مستورة بغطاء سميك من الأوراق  
الميتة ، والآخذة في التفسخ ، غطاء يعمل على حمايتها من عمل الحت . كما  
تعمل أوراق الشجر على وقاية سطح الأرض من صدمة قطرات المطر ، بحيث  
لا يكون السيلان تحتها عنيفا جدا أبدا . فضلا عن ذلك لا تكون للريح

سيطرة محسوسة على أرض محمية بغطاء شجري . وهكذا نكون هنا في مجال تكون العوامل الحتية فيه غير نشيطة وذلك على الأقل فوق السفوح ، فالعوامل الحتية الرئيسية هنا تعود لأصل كياوي ، كتأثر الأرض بالرطوبة الدائمة التي تعمل في الغطاء الورقي الآيل الى التفسخ .

وعلى خلاف ذلك في قطر شبه قاحل كمعظم ارجاء الوطن العربي ، عدا الصحاري والغابات ، وحيث يكون النبات نادرا ومقتصرا على بعض باقات مبعثرة ، وحيث تتساقط أمطار فجائية ، لاتكون الأرض محمية أبدا من مؤثرات السيلان المائي . فهنا تحدث عوامل حتية سيلية قوية جدا . ويستطيع الريح أن يتلفف الأتقاض الصخرية الهشة ويقذفها على سطوح الصخور . فنرى هنا نظاما حتيا أكثر عنفا بكثير من ذاك الذي ذكرنا في الغابات<sup>(٥)</sup> .

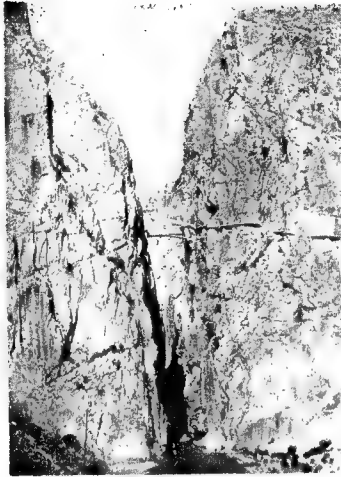
ومن هذه الموازنة ، نتوصل لتمييز عدة منظومات حيوية مناخية ، أو بيومناخية ، فهناك مركب complexe كامل من عوامل تشتغل تحت الغابة الاستوائية ، في حين أن عوامل أخرى تعمل في الصحراء المطلقة ، كالصحراء الليبية ، وهناك عوامل تسود في المناطق التي يكون الانحدار فيها حادا وكثير الترداد ، كسيريا وشمالى كندا ، وإخيرا نلاحظ عوامل حتية قائمة تحت جوديات المناطق القطبية الشمالية والجنوبية . وهكذا يجب أن تكون دراسة قوانين الحت العامة متكاملة بدراسة اختلافات منظومات الحت البيومناخية ، أو الحيوية المناخية اذا شئنا .

---

(٥) تؤلف النباتات الغطاء الواقي بالنسبة للتربة . فهي تحول دون مؤثرات الحت أو تخفف نتائجها على الأقل . فمثلاً يحتاج الريح وماء المطر لمدة ٥٧٠٠٠ سنة كي ينتزع من التربة طبقة لحائتها ١٨ سم في منطقة مكسوة بالغابة . ولكنه يكتفي بمدة ٨٠٠٠ سنة لاقتلاع الطبقة ذاتها في منطقة مروج ويكتفيه مدة ٤٦ سنة للقيام بالعمل ذاته في أرض مزروعة ولكنه يقع بمدة ١٨ سنة فقط في منطقة عارية تماماً ، أي يقلع هنا مقدار ١ سم في كل عام .

وهكذا استبانَت معالم مخطط دراستنا . فالجزء الأول ينصرف لدراسة الخطوط الكبرى للحت المفترض انه يعمل في صخور متجانسة . فندرس عمله على السفوح من ناحية ، وفي المجاري النهرية من ناحية أخرى . وبعد أن تعرفنا على قوانين الحت سيكون بمقدورنا ، في جزء آخر ، ان نتعرض للجيومورفولوجيا البنيوية ، وهذا مالا يمكن التوصل اليه لو لم ندرس بادئ ذي بدء كيف يكشف الحت حافة طبقة صخرية ما ، أو كيف يكشف صدعا من الصدوع . وسندرس في الجزء الثالث الجيومورفولوجيا المناخية ، أي مختلف منظومات الحت البيومناخي . وتستند هذه الدراسة في آن واحد على دراسة عوامل الحت الخاصة بكل مناخ وعلى سلوك الصخور المختلفة كما عرفناه في بحثنا عن الجيومورفولوجيا البنيوية .

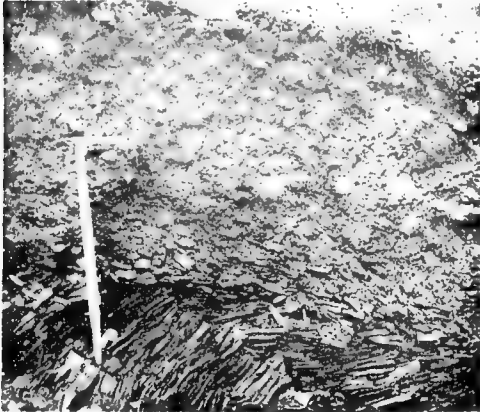
ولكن اذا كان البحث عن الوضوح المنهاجي سيقودنا الى تقسيم علم الجيومورفولوجيا الى اجزاء ، فانه من الجلي ايضا ان كل قسم من القشرة الأرضية يؤلف كلاً متآخذا يمارس فيه قانون الجريان المائي المعين ، ومظهر الثقالة على انقاض السفوح ، وعمل الانحجاد أو الحرارة العالية ، أو الوضع المعين التي تتخذها الطبقات الصخرية . ومهما كانت عليه تبسيطات التقسيم في الأبحاث القادمة فلا يجوز أن يغرب عن بالنا ان الجيومورفولوجيا هي علم تحليلي .



صورة رقم ١ - عمل الحت المائي في خط قاع حيث يكون الحت خطيا Iménire



صورة رقم ٢ - حث العوامل الجيومورفولوجية على الفواصل النهرية وخاصة في الوهيدات التي يستقر فيها الماء . هنا حث سطحي أو جانبي arcotaire



صورة رقم ٣ - حركة الانقراض فوق سفح : يظهر في القسم الأسفل من الصورة انقراض الصخر المتجمد وهي تنزل نحو أسفل السفح ( على اليمين ) وذلك بفعل هبوط التربة التي « تزحف » على المنحدر وهي تقوم « بمصد » الطبقات .

## الجزء الأول

### الحت : السفوح ، المجاري المائية ، التسطيع

## الفصل الأول

### الحت على السفوح

مقدمة : بعد أن عرفنا أن تقاطيع الأرض تشتمل على سفوح مقابل خطوط قاع ، سندرس ما يحدث فوق السفوح ، وبعد أن عرفنا أن الانقراض التي تتشكل عليها تزل نحو القاع أي قيمان الأودية ، سنتكّن بعدئذ من محاولة فهم كيفية تطور المجاري المائية . ولكن من الواضح تماماً أن مظهر سفح ما يتعلّق بقوّة أو بضعف الحفر الذي يقوم به المجرى المائي الذي يجري عند قاعدته ، كما أن علّ المجرى المائي ذاته يتعلّق بكتلة الانقراض التي يدفعها ويقدمها إليه السطح . والتمرّف على هذه العلاقة للتبادلة يساعدنا على تحليل الحت على السفوح بصورة منفصلة عن الحت النهري<sup>(١)</sup>.

### أولاً - فساد الصخور محلياً

لنفترض وجود جلود صخر كشفت الحت وعرضه للهواء فوق سفح ما . فهو لن يظل سليماً من الفساد إذ سيخضع لتأثير تقلّبات الطقس . اذن سيتعرض للفساد المحلي وهذا بالمقارنة مع الحت الذي ينقل ويبدل مكان الانقراض . وقد عرّبت هذه العبارة بكلمة تجوية التي تقابل كلمة Weathering الانكليزية وكلمة météorisation البرتغالية .

---

(١) الحت ترجمة كلمة érosion بالفرنسية والانكليزية وقد ترجمت على أشكال مختلفة في الأقطار العربية فهي تأكل في لبنان ، وتحات وتعرية في مصر الخ ...

ويمكن للفساد الحلي ان يترأى لنا على ثلاثة اشكال : فيمكن أن يكون آليا ، أي ميكانيكيا ، كما يمكن ان يتم عن طريق التخلل في الماء ، وأخيرا يمكن أن يكون على شكل تفسخ كياوي .

١ - العمل الميكانيكي : ويدعى التفكك désagrégation ويمكن ان تساعد على ذلك بنية الصخر ذاتها التي تكون تارة مركبة من حبات ، كالغرانيت ، وتارة اكثر تجانسا ولكنها متشققة كالصخر الكلسي .

ولكل صخر سلوكه الخاص تجاه عوامل التفكك ، فالغرانيت يتفتت في حين يعطي البازلت جلاميد .

وينجم هذا العمل الميكانيكي عن تقلبات الحرارة التي تمدد او تقلص الصخر فيستطيع بذلك ان تحوله الى شظايا ، ولكن هذه الاختلافات الحرارية تظل غير محسوسة كثيرا ما دامت درجات الحرارة فوق الصفر . فالانجهد هو العامل الرئيسي في ظاهرة التفكك . وتطلق تسمية التجمند gélivation على تأثير الانجهد على الصخور ، وتقابلها كلمة gélifraction المنحوتة من الانكليزية .

وعلىنا ان نلاحظ انه لكي يكون العمل الميكانيكي الذي يقوم به الانجهد ناجعا ، يجب ان يكون الصخر مشربا بالماء : فانجهد الماء الذي تحويه الشقوق الدقيقة في الصخر هو الذي يؤدي الى تشظيه وتحويله الى حطام .

كما ان بعض العضويات الحية ، كجذور الاشجار التي تنمو ، تستطيع بدورها توسيع شقوق الصخور وتؤدي بالتالي الى تفكيكها على شكل جلاميد . وهذا ما تفعله جذور اشجار الدلب في أرصفة شوارعنا والتي تؤدي الى تفكيك البلاط وتكسيره بعد رفعه للاعلى .

٢ - التحلل : ويكون هذا متفاوتا باختلاف نوعية الصخور . ويمكننا تصنيف العناصر الكيماوية حسب قابليتها للتحلل ، بدءا من اكثرها استعدادا للتحلل الى اقلها استعدادا له وهي : كلورور الصوديوم ، كبريتات الكالسيوم ، معظم الأسس ، السيليس ، الألومين .

ولكي يتمكن التحلل من القيام بعمله يجب ان يكون الماء على تماس مع جزيئات الصخور : اذن يجب ان تكون الصخور مسامية ، كما يجب ايضا ، في بعض الحالات ، ان يكون الماء مشحونا بالغاز الفحمي ، وهذا شرط اساسي لمهاجمة الصخور الكلسية<sup>٧</sup>.

هذا وقد يشحن الماء احيانا بذرات منعزلة وبذلك يؤلف محاليل حقيقية : ولكن في اغلب الاحيان ، تشكل الاجسام الصلبة في الماء تجمعات صغيرة مؤلفة من بضع ذرات . ففي هذه الحالة يطلق عليه عبارة محلول غروي اي قادر على تشكيل غراء أو صمغ .

فالماء الذي يتسرب لداخل الصخر والذي يكون مشحونا بالذرات ، المنعزلة او المتجمعة ، يشكل ما يسمى بمركب الفساد . ويجنح هذا المركب للتسرب بفعل الثقالة ، ولكنه يكون ، من ناحية اخرى ، خاضعا لمؤثرات تستطيع ان تجعله يصعد نحو السطح ، كخضوعه للتبخر مثلا كما يحدث للتربة الملحية في وادي الفرات ودجلة والخابور حيث تظهر على سطحها التزهيرات الملحية التي تقود الى عقم التربة . وفي مقابل ذلك نجد عملية معاكسة تدعى الغسل lessivage وتعني جر الجزيئات الموجودة في مركب الفساد نحو

---

( ٧ ) وتسمى الصخور الجيرية في مصر لان الكلس يسمى الجير في مصر والشيد في فلسطين والاردن ، ولكن كلمة كلس تبدو اقرب للانتشار لان اللغات الاوربية تستعمل كلمة كلسيوم للأغودة من العريرة .



الاسفل ، وعلى العموم تنتزع هذه الجزئيات من السطح وتنزل لعمق يبلغ بضعة سنتيمترات ، ولكنها قد تستطيع النزول لعمق اكبر من ذلك ، مخترقة الصخر ، وتصل الى الغشاء البئري *nappe phraétique* ، اي الى الغشاء المائي الذي يظهر في قاع الآبار . وهذا الغشاء هو الذي يغذي الينابيع . وتطلق عبارة الغسل المائل على تفريغ المواد المنحلة والمنتزعة من الصخر والمقتلعة من السفح بواسطة الينابيع .

٣ - الفساد الكيماوي . ويندر ان يحدث في حالة الجفاف ، بل على العموم بواسطة الماء . ويتم بصورة مباشرة فوق السفوح الصخرية ، او على الاكثر فوق اجزاء الصخر المتفكك . وتحول جزئيات الصخر حسب اسلوب مهاجمته من قبل شوارد ( ايونات ) الماء . وهكذا تتشكل ، بصورة رئيسية ، الاكاسيد والغضاريات . مثال عن اكسيد : ان الليمونيت الذي يمنح اكثر الترب لونها الاصفر ليس اكثر من صدأ . فهو عبارة عن اكسيد الحديد المميّه كثيرا *hydraté* ، اما الغضاريات فهي ذرات ذات شكل منبسط ، شرائح ، تنزلق فوق بعضها البعض ، والتي يمكنها ان تتشرب بالماء نظرا لوجود فراغات حرة بين وريقاتها . فحركية هذه الوريقات المنفصلة عن بعضها بالماء هي التي تفسر مرونة الغضاريات ، مما يساعد على استعمالها في صنع التاثيل والاولاني الخزفية .

٤ - النتيجة : تشكل تربة : إن أي صخر يخضع للتجزؤ الميكانيكي ،



( شكل ٨ ) مراحل تشكل التربة

ولكن لاسيا اذا تعرض لمهاجمة الماء على شكل تحلل وفساد ، يصبح على العموم اكثر رخاوة ، كالبازلت الموجودة فوق الجوراسي في سورية ولبنان . فالعناصر الدقيقة التي عزلت فيه تصبح قادرة على تغذية النباتات عن طريق الجذور التي تتشعب في داخله . اذن لا نكون بمعرض صخر بالمعنى الصحيح بل أمام صخر فاسد ، متراخ ، قادر على السماح للنباتات بأن تتشبث فيه : وهكذا وصلنا الى تعريف التربة .

وعلينا الآن التمييز بين التربة والصخر . فالتربة هي نتيجة فساد الصخور لدن تماسها مع الجو ، وهي ايضا ركيزة النبات الذي يحولها بدوره ، وخاصة بواسطة تفسخ بطيء يعتري بقايا النباتات الميتة . فالتربة هي اذن عبارة عن مركب معدني وعضوي ، وبذلك لا نستطيع الكلام عن تربة حقيقية في الصحاري لانعدام النبات . أما الصخر ، فعلى العكس ، هو تكوين جيولوجي سليم ، لم يتعرض بعد لعوامل التجوية . فالصخر يمكن ان يكون قاسيا ، كالصخر الكلسي ، او طريا كالغضار . وكل صخر ليس بالضرورة عبارة عن حجر ، لان هناك صخوراً سائلة ، كالبتروا ، كالبترول .

وعلى الصخور يدخل في مجال الجيولوجيا ، بينما يدعى علم الترب البيدولوجيا pédologie .

وقد نجد احيانا فوق السفوح صخوراً سليمة ، ولكننا نجد على الغالب صخوراً متفككة ، فاسدة ، تشكل ترباً حقيقية ، فأنقاض الصخر هذه ، والتي هي نتيجة تفكك ميكانيكي بسيط أو نتيجة فساد كياوي متطور جدا ، هي التي سنتعرف عليها اثناء حركتها .

## ثانيا . حركة الانقاض فوق السفوح

١ - سقوط المهيلات : ان العمل الميكانيكي الذي يحدث فوق انحدار



(شكل ١) حدود المهيئات

شديد يقود الى انفكاك الجلاميد فوراً وسقوطها فوق المنحدر . وتنحط الجلاميد متدهورة الى ان تصادف ميلاً ضعيفاً واقعاً عند قدم الجرف الصخري فتتوقف .

وعن تراكب هذه الجلاميد فوق بعضها البعض تتشكل كومة فوضوية تتوضع حسب الطريقة التالية :

- اذا كانت هذه المهيئات تسلك اثناء وقوعها مراراً فاتها تتكدس في نهايته السفلى ، وتشكل مخروطاً تتجه نهايته أي رأسه نحو العالية أو الملى upstream أو amount .

- أما اذا كانت الممرات التي تسلكها المهيئات قريبة من بعضها البعض او اذا كان تساقط الجلاميد يتم فوق منحدر دون المرور من الممرات التحتية ، فيتشكل حينئذ حدود talus مستمر من المهيئات .

ويتعلق ميل غاريط المهيئات والحدودات بحجم الانحاض الصخرية وبكثافتها وبشكلها ولهذا تتراوح زاوية الميل بين ٢٧ و ٣٧ درجة ويسمى ذلك ميل حدود الاقتران أو سفح ريختر (شكل ١) .

٢ - الانهيارات الثلجية : قد يتمكن الثلج ، في الاقطار الجبلية المعرضة لتساقط ثلجي كثيف ، من السقوط فجأة وبغنف فوق المنحدرات ، على شكل انهيار ثلجي . هذا الانهيار يسلك ممرات يساهم هو بالفعل في اعطائها تقاطيعها . وبمجرد ان يذوب الثلج تؤلف الانقاض التي اقتلعها معه ، وذلك

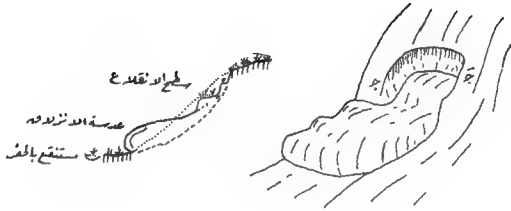
عند الوادي الذي انتهت اليه ، تؤلف كومة عديمة الشكل ، مؤلفة من حجارة ومن انقاض ناعمة في آن واحد .

٣ - السيلان المنبث : يسيل ماء المطر فوق السفح على شكل خيوط عاجزة عن حفر الصخر السليم ولكن الخيوط المذكورة تحمل عناصر دقيقة مأخوذة من التربة وهذا ما يمنح ماء السيول والفيضانات لونا اصفر .

غير أن هذا السيلان لا يتحول عادة الى عملية تحديد ، فهو لا يحدد الصخر الا اذا كان هذا الصخر قابلا للتخفيف وكتيماً كالغضار ، او اذا كانت التربة محرومة من غطائها النباتي . فهذا السيلان لا يشكل خطوط قاع بل كل ما هنالك هو نوع من تطور يعتور السفح ، فالخيوط المائية تتحاشى الحواجز مهما قل شأنها ، وتتفاقم فيما بينها ، وينتهي بها الامر بأن تنقل الانقاض ، شيئا فشيئا ، من القمة نحو القاعدة .

٤ - جريان التربة solifluxion انزلاقات التربة les glissements de terrain : تستطيع التربة ، ولا نقصد بها صخرا كالغرانيت او البازلت ، بل عندما تكون مؤلفة من غضار او من تربة سميكة ، أقول تستطيع أن تبتلع الماء وتفقد قوامها الصلب . فهي تستطيع بالفعل ، في اعقاب ابتلاعها الماء ، ان تصبح مرنة ، بحيث تكفيها دفعة بسيطة لجعلها متحركة ، كما يمكنها فيما اذا كانت مبللة تماما بالماء ان تتصرف وكأنها سائل حقيقي . وفي كل الحالات تنقل الكتلة المتحركة بشكل واضح نوعا ما من الجزء الواقع في عالية السفح ( شكل ١٠ ) وتهبط على شكل عدسة او قد تجري على صورة مسكوبة وحلية حقيقية مؤلفة من عصيبات متتابعة وتقبات .

وانزلاقات كهذه يمكنها ان تتألف اذن من زمرة من عدسات صغيرة فوق السفوح ، او تشكل مجموعة كبيرة محددة مكانيا تستطيع ان تؤدي الى كارثة



(شكل ١٠ - أ) : انزلاق التربة

مخطط لانزلاق التربة (شكل ١٠ - ب)

حد : جرح الانقلاع الذي يحد الكتلة  
للتحركة من عاليها

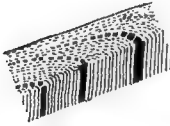
حقيقية ، فيما اذا كانت هناك ابنية مشيدة فوق الارض التي راحت تتحرك .

وتستعمل كلمة جريان التربة solifluxion للدلالة على حركة تعري الانقراض الصخرية التي اصبحت مرنة او سائلة . ولهذا يجب تخصيصها بالانزلاقات الكتلية التي تعري التربة او الصخور ، كالانزلاقات التي اشرنا اليها . ولكن بعض الجيومورفولوجيين يستعملون عبارة جريان التربة في معنى أكثر شمولاً يضم أيضاً الزحف عندما تكون هذه الحركة واضحة جداً .

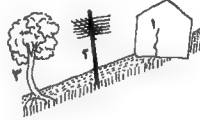
٥ - الزحف creeping : وهذا لا يكون عبارة عن حركة كتلية كالانزلاق

بل عبارة عن نزول يعتري غطاء الانقراض حبة فحبة . ومن الطبيعي الا يعتري الزحف سوى التكوينات الرخوة كالرمال والتراب . ويحدث هذا فوق المنحدرات التي تقل عن حدود الاتزان ، اي اقل من ٢٧ درجة ، لان الميل اذا تجاوز ميل حدود الاتزان ، فان الانقراض تتعرض للاهتال فتندرجح . هذه الحركة قد تبدو مستغربة فوق ميل ضعيف نسبياً ، غير أن غو الجنود

وفنائها ، وعمل الحيوانات السردائية ، كالخلد وفأر الحقل والزواحف ، والتبدلات المتكررة في حجم الانقراض والناجمة عن تغيرات الحرارة والرطوبة ، بالإضافة الى عامل هام جدا ، هو انجذاب التربة واغلال هذا التجسد ، تؤدي جميعا الى زعزعة الانقراض بشكل لا تدركه الحواس ، وتجعلها تنزل بسرعة ضعيفة جدا ، تعادل السنتيمتر الواحد خلال قرن ( شكل ١١ ) .



ظاهرة « الحصد »

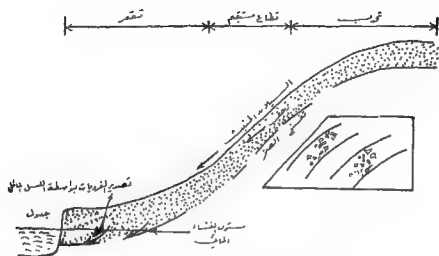


بعض نتائج « الزحف »

( شكل ١١ ) : زحف التربة وتأثيراته على المساكن وأعمدة الهاتف والأشجار  
وبالنسبة لظاهرة الحصد انظر أيضاً الصورة رقم ٣

ويمكن توضيح هذه الحركة للعيان بأن نلاحظ، مثلا كيف تجنح الأعمدة المغروسة فوق السفح نحو الميلان ، وكذلك الأشجار ، مما يفسر بالفعل ان هذه الأعمدة والأشجار تظل مثبتة في الأعماق ضمن الأرض الشائبة ولكن التربة السطحية تهبط ببطء كما لو كانت تزحف ، من هذا جاءت عبارة الزحف creeping

هذا ويكون الزحف اكثر سرعة بكثير في الاقطار التي تكثر فيها ظاهرة الانجذاب الحاد منها في الاقطار التي يكون هذا الانجذاب نادرا أو منعدما . ومع هذا فلا يجوز الخلط بين الزحف المتسارع في الاقطار المتجمدة مع gélifs



١ ( شكل ١٢ ) : سطح لطيف مستور بغطاء من الانقراض

يشير القسم للنقط إلى غطاء الانقراض . ويشير الشكل الصغير في الأيمن إلى تبدل تركيب عناصر هذا الغطاء أثناء حركة الزحف التي تتمري الحبات واحدة فواحدة . لاحظ على الشكل الكبير قطاعات السطح الثلاث : الحدب . المستقيم . للقمع .

جريان التربة solifluxion الذي ذكرناه آنفا والذي يكون أكثر شمولا وانتشارا .

### ثالثا - مقطع السفوح :

لقد عرفنا فيما سبق ان لبعض السفوح مقطعا غير منتظم في حين يكون للبعض الآخر مقطع منتظم . فالسفوح غير المنتظمة هي تلك التي تتكشف فوقها بضع طبقات صخرية لم تدفن بعد تحت غطاء المهيئات ، كما تكون السفوح غير منتظمة اذا كثرت فوقها عدسات الانزلاق . ولكن هناك الكثير من المنحدرات السفحية للمساء ، ويعود ذلك على الغالب لانها مستورة بغطاء من الانقراض الصخرية المتفتنة .

هذا وقد يكون هذا الغطاء من الانقراض ، في جزئه الواقع في السافلة ، عبارة عن شكل فوضوي من المهيئات التي اخذ النبات في تثبيتها ، بينما هو ،

في العالية ، عبارة عن غطاء رقيق ناتج عن تجزؤ الصخر وعن بداية الفساد فيه . وعندها نكون امام سفوح ملساء ولكن ذات ميل شديد كما نعهد ذلك على الاكثر في الجبال . ولسفح كهذا ميل لا يزال قريبا من ميل حدود الاتزان ، ويسمى **سفح ريختر** Richter كبعض سفوح وادي بردى .

ولكن أكثرية التقاطيع التضرسية ترينا سفوحاً مغطاة بتربة وذات ميل أضعف بكثير من ميل حدود الاتزان . وتشير هذه السفوح اللطيفة الى ان الحت كان لديه المتسع من الوقت لتكييفها اكثر بكثير من سفوح ريختر . فتكون محدبة في قطاعها العلوي ، ومقعرة في قطاعها السفلي بحيث تتواصل تدريجياً مع قاع الوادي أو مع حدود talus في الاعلى . ويقع بين قمة السفح المحدبة وقاعدته المقعرة احيانا قطاع ذو ميل ثابت يؤمن الاتصال بين قطاع عالية السفح وبين قطاع سافلته ويدعى القطاع المستقيم (شكل ١٢) .

ومن غير الميسور تفسير مقاطع سفوح كهذه . ولنكتف الآن بالاشارة الى انها ناتجة عن انتقالات بطيئة اعترت الانقاص كتلك التي يحدثها السيلان المنبث ، والزحف ، والغسل المائل . وتختلف هذه السفوح باختلاف الصخور نوعاً ما . فعندما تكون الانقاض الناتجة عن فساد الصخر منفذة ، يكون تحدب قمة السفح نامياً جداً ، كحالة السفوح الجوراية أو الرملية . وعلى العكس اذا كانت الانقاض الناتجة كثيفة كما هو الحال فوق السفوح الغضارية ، فان التقعر عن قاعدة السفح يكون متفوقاً ، ممّا يجنح القطاع الاوسط في الأكثر لأن يتحول الى عدسات انزلاق تشوّ انتظام السفح . هذا كما يختلف انتظام السفح أيضاً باختلاف المناخات وسنرى في آخر الفصل السابع أن هناك سفوحاً ذات قاعدة متطاولة جداً ، تكاد تكون مستوية ، ولكن لها ميل



طولاني محسوس ، تميز الاقطار الصحراوية والمدارية . وتطلق كلمة حادرو أو بيدمينت glaciesعلى هذه المستويات المائلة عند اسفل السفوح .

ويرى بعض المؤلفين ان السفوح المحدبة في ذروتها والمقعرة عند قاعدتها هي « سفوح اتزانية » . ولا يجوز ان نفهم من ذلك بأن أشكالها اصبحت نهائية ، بل انها سفوح لا يعترها أي تشوه عنيف ، كحادثة الانهيار مثلا . أي أن هناك توازنا بين سرعة تشكل الانقراض عن طريق تجزؤ الصخر تحت التربة السطحية وبين سرعة تفريغ هذه الانقراض ، اي تصديرها نحو الجرى المائي . وفي الواقع ، اذا كان التفريغ أكثر سرعة من تشكيل الانقراض بفعل عوامل التجوية ، فان السفح سيتعرض للتعري من غطائه ، ويزر الصخر للعيان ولن يكون هناك غطاء متواصل منتظم . وعلى العكس اذا كان التفريغ عاجزا عن دعم سرعة انتاج الانقراض فان هذه ستكسد وستغرق السفح تحت كتلتها فكلمة الاتزان تعني اذن ان هناك توازنا بين فساد الصخر وبين حمايته بالتربة التي تستره .

## الفصل الثاني

### النماذج الرئيسية للأحواض النهرية

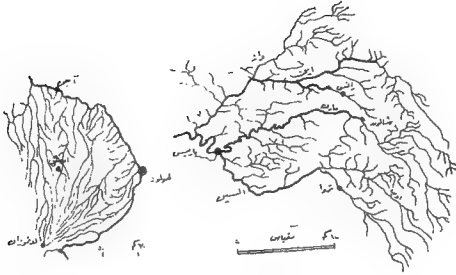
### والنماذج الرئيسية للمجاري المائية ( الانهار )

مقدمة :بعد أن تعرفنا على عمل الحت فوق السفوح سنحاول الآن دراسة عمل المجاري المائية . غير أن هذه المجاري ليست عبارة عن عوامل منزهة ، بل تنظم في أحواض .

#### أولا - النماذج الرئيسية للأحواض النهرية :

لا تتأثل كل الاحواض النهرية فيما بينها ، ولنأخذ بعض الامثلة ؛ فروافد الضفة اليسرى لنهر الغارون في منطقة أرمانياك Armagnac في جنوب غرب فرنسا ، تدلنا على وجود شبكة مؤلفة من نهيرات متوازية أو كأنها منطلقة من مركز واحد كالروحة . وفي ذلك صورة عن شبكة بدائية ، غير متسلسلة لأننا لانلاحظ فيها أي تمايز بين الانهار الصغيرة والأنهار الكبيرة وكأنها جميعا متساوية ( شكل ١٣ ) .

وعلى العكس ذلك نرى روافد الضفة اليمنى لنهر السين وهي تبدو على شكل شبكة معقدة تحوي انهاراً كبيرة مثل المارن أو الواز ، مثلما تحوي اهاراً صغيرة مثل الاوب ، وتحوي اخيراً روافد ثانوية ترفد الروافد مثل نهر الاين Aisne أو الفسل Vesel اذن نجد هنا تسلسلا متكاملًا ، ويقال أحياناً لها شبكة شجرية الشكل ، أي على شكل شجرة تحوي على جذع وعلى اغصان رئيسية وعلى أفنان .



( شكل ١٣ )

تبدو في الشكل الابر ، روافد نهر الفارون اليسرى في مقاطعة أرمينياك . وهي قليلة التسلسل من حيث المراتب . ونرى في الشكل اليمين شبكة متسلسلة لروافد نهر السين في ضفته اليمنى حتى التقائه بنهر الوان شمال غرب باريس .

هذا كما تتنوع كثافة المجاري المائية ايضا ، فتضعف جدا في المناطق ذات الصخور المنفذة ، كما في جبل الزاوية ومنطقة حلب ، لانها تتألف من صخور كلسية وحيث تغور المياه في الاعماق ، في حين نجد لها على العكس تؤلف حزما متقاربة في المناطق الغضارية حيث نجد لكل مسيل جدول له الخاص به .

وقد تكون بعض الشبكات النهرية مقطعة ببحيرات حتى لكأن المنطقة عبارة عن بلاد اسفنجية . تلك هي حالة النظام النهرى في فنلندا وكندا الشرقية او في ايرلندا ، او هضبة افريقيا الشرقية التي ينطلق منها نهر النيل ، بينما نجد مناطق غيرها فقيرة جدا بالبحيرات .

كما تختلف ابعاد الاحواض النهرية ذاتها الى حد كبير . فمساحة حوض نهر الأمازون تبلغ بضعة ملايين من الكيلو مترات المربعة . وعلى عكس ذلك نرى

ان قارة ضيقة أو جزيرة تحوي على احواض نهريّة أقل مساحة بكثير . فانهار سورية الساحلية ذات أحواض صغيرة جدا ، كنهـر القنـديل مثـلا ، كـلا لا تتجاوز مساحة أي حوض نهري في بريطانيا مقدار ١٢٠٠٠ كيلو متر مربع ، أي أكثر من مساحة لبنان بقليل .

وهناك مناطق في العالم لا تشمل على أي جريان مائي ، كالنـاطق الكـثبانـية الكـبرى في الرـبع الحـالي او في العـرق الغـربي والعـرق الشـرقي في المـغرب العـربي ، وعندها تقول انها مناطق عديمة الصرف . aréiques وتجاه ذلك نجد مناطق تحوي على نهر أو أكثر ولكنها لا تصب في البحر ، بل تتلاشى في بحيرة مؤقتة او دائمة ، كنهـر شـاري في التـشاد او في نـهر قـويق الـذي تـنتهي مـياهه لتـتبخر في مـستنقـع المـطخ ، قـبل تـجفـيفه ، أو نـهر بـردى الـذي كـان يـنتهي في بـحيرة العـتيبة والنـهر الـاوج في بـحيرة الـهيجـانة قـبل ان تـتحولـا الى مـزارع بـعد اسـتنزاف مـياهها في الرـي . وفي هـذه الحـال تـقول انها مـناطق داخـلية الصـرف endoréiques وأخيرا هناك مناطق أخرى تحتوي على حوضات نهريّة تصب في البحر كأنهار سورية الساحلية والفرات وكل انهار أوروبا تقريبا ، هذه المناطق تدعى ذات صرف خارجي exoréiques

وتنتج هذه الاختلافات الأخيرة عن التضريس في بعض الحالات وعن المناخ في الحالات الأخرى . وفي الواقع لنفترض في منطقة بحيرة التشاد ان كميات المياه الساقطة من السماء ازدادت لدرجة عظيمة وان التبخر قد تناقص بسبب برودة اصاب المناخ ، فان مستوى البحيرة المذكورة سيتعرض للارتفاع تدريجيا الى ان يبلغ مستوى أخفض نقطة في حافة البحيرة ، وعندئذ ستسكب مياه البحيرة في نهر دائم كأحد روافد نهر النيجر وعندئذ سينتصر الجريان الخارجي . وكذلك لو تبدل المناخ في منطقة دمشق فان مستوى المياه

في بحيرة العتيبة السابقة سيرتفع الى ان تجتاز المياه عتبة زاكية في الجنوب ليصبح نهر بردى رافدا لنهر اليرموك . هذه الحالة المقترضة حدثت في منطقة بحيرة بايكال في سبيريا حيث شكلت الحركات التكتونية انهياراً كبيراً ولكن في مناخ رطب جعل ماء البحيرة يخرج من مصرف هو نهر أنغارا . وبالحقيقة فان المناطق العديمة الصرف تقع تحت مناخات صحراوية لا يسقط فيها سوى النادر من المطر وحيث يكون التبخر بالغ الشدة بحيث يستطيع تبخير شريحة من الماء تبلغ سماكتها اربعة أمتار ، في خلال العام ، كما في شمال التشاد أو فوق البحر الميت .

### ثانيا - النماذج الكبرى للمجاري المائية :

تختلف المجاري المائية بأبعادها وبمظهرها ، ولنأخذ بعض الامثلة :

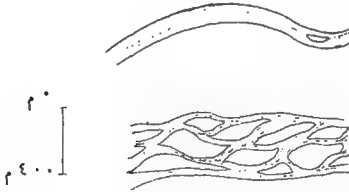
**نهر الامازون :** وطوله ٦٠٠٠ كيلو متر ويقذف في المحيط الأطلسي وسطيا أكثر من ١٠٠٠٠٠ متر مكعب من الماء في الثانية ، وعرضه ثلاثة كيلو مترات وسطيا في سريره الرئيسي . ولكن علينا ان نضيف الى ذلك القننوات الجانبية الموازية له ، والمستنقعات التي تغمر بالماء خلال النصف المطير من السنة . اذن نجد أننا لسنا امام مجرى مائي عظيم بل تجاه منطقة برمائية واسعة تدعى فارزيثا Varzea

**الفرات :** وهو نهر أكثر تواضعا من النهر السابق لأن طوله لا يتعدى ٢٣٠٠ كيلو متر ، وعرضه الوسطي ٢٠٠ متر . وينقسم احيانا الى ذراعين يضان جزرا تدعى حوائج ( مفردتها حويجة ) . وصبيه الوسطي عند مدينة الثورة ( الطبقة ) ٨٥٠ مترا مكعبا في الثانية ، أي أن صبيه الوسطي يقل ١١٧ مرة عن صبيب الامازون .

نهر عفرين : ويحوي في مجراه الأدنى ، أي في سهل الجومة ، سريراً مؤلفاً من تيارات متفاعلة تحصر فيما بينها جزيرات حصوية على عرض يبلغ الخمسين متراً ( شكل ١٤ ) ويكون صبيبه السنوي في حدود ثمانية أمتار مكعبة في الثانية .

وهناك نهيرات صغيرة لا يجري فيها سوى بضعة لترات في الثانية وتقفز مياهها من فوق حجرة لأخرى ولا يتجاوز طولها بضعة كيلو مترات كالعديد من الاودية المنحدرة من جبل العلويين باتجاه البحر الابيض المتوسط ، والتي لا تمثل سوى نماذج مصغرة عن الانهار العادية . ولكن علينا الاقرار بأن امثال هذه النهيرات كثيرة على سطح الارض .

وقد نصادف بعض النهيرات الوقتية . فقد لوحظ في الاودية الواقعة في منطقة ايتامب Etampes الواقعة على مسافة خمسين كيلو متراً جنوبي باريس ، ان مجاري الماء لا تجري هنا الا بعد زخات المطر الشديدة ، او حتى بعد



شكل ١٤ - نموذجان من المجاري النهرية

النموذج الاعلى يمثل على العموم سريراً وحيداً ( نموذج الفرات ) ينقسم أحياناً الى شطرين يحصران جزيرة فيها بينهما ، كالفرات عند دير الزور ، أما الاسفل فيتألف من قنوات متفاعلة منفصلة عن بعضها بجزيرات حصوية مثل نهر عفرين في سافلة المدينة التي تحمل الاسم نفسه .

الامطار الطفيفة اذا كانت التربة المتجمدة تحول دون تسرب الماء في الثرى ، وهذا يلفت النظر لان المنطقة لا تخضع لمناخ قاحل .

وقد نلاحظ ان أنهاراً متماثلة من حيث الصبيب كنهر السين في باريس ونهر دورانس في جنوب شرق فرنسا ولكن مظاهرها تختلف للغاية . وتفسر هذه الاختلافات بالمناخ لان النهر الثاني واقع تحت تأثير المناخ الرومي ( المتوسطي ) المتصف بشدة اختلاف امطاره بين الفصول ، في حين يقع نهر السين تحت مناخ معتدل ، مثلاً تفسر اختلافات امطاره بين الفصول ، في حين يقع نهر السين تحت مناخ معتدل ، مثلاً تفسر اختلافات المظهر بالتضريس ايضا ، لان نهر دورانس Durance ينبع من منطقة جبلية هي السفوح الجنوبية لجبال الألب ، فيكون انحداره أكثر شدة ويحمل معه الكثير من الحصباء الكبيرة الحجم التي جلبها من الجبل في حين لا يحمل نهر السين سوى حبات رملية . ويحتل الفرات مركزاً وسيطاً بين هذين النموذجين لانه يجلب معه حصباء ورمال ومواد غرينية فهو نهر جبلي في عاليته وسهلي في سافلته ، لا سيما بعد مسكنة .

واستناداً الى نوعية الصخور التي تشكل سرير النهر نستطيع تمييز عملية نحت في الصخر المحلي أو غيز تقاطيع خاصة في اللحقيات فعندما يحفر المجرى المائي سريريه في الصخر المحلي ، فهو يحفر خنادق عميقة ويعمل كالمتقب في حفر تجاويف دائرية تدعى قدور الجبابرة ، كالفتج في معلولا الذي تم حفره في مناخ أكثر رطوبة من الحالي ولا نزال نرى على جوانبه قدور الجبابرة المعلقة . أما اذا كان النهر يجري في سرير لحقي ، فيكون سريريه ، على العكس ، مؤلفاً من جزيرات رملية تنفصل عن بعضها بقنوات ضحلة ، كنهر بردى بين الربوة وقلب دمشق .





مارنية على الاكثر ، وتحت مناخ يمنحه صبيبا متقطعا ، اذ يتناوب فيه الشح مع الفيضانات الفجائية . ونرى من هذا التعريف ان عبارة السيل لا يجوز ان تطلق على نهر جياش كنهـر الفرات لان لهذا النهر صبيبا منتظما نسبيا ولا يعمل حصراً في صخور قابلة كلها للتخفير ، بل تصح على الكثير من اودية القلمون أو وادي منين قرب دمشق .

ويجعل غف العمل الحقي على السيول من هذه المجاري المائية مخابر جيومورفولوجية واقعية لاننا نرى التضريس وهو يتطور فيها تحت ابصارنا . فالسيل يتألف من جزأين أو من ثلاثة اجزاء . فالجزءان الشابتان هما واديه الطويل الخطي ذو القطاع العرضاني على شكل رقم ٧ ويدعى قناة الجريان ، ونوع من مروحة لحيية واقعة في المكان الذي يلتقي فيه بالوداي الرئيسي ، هذه المروحة تدعى مخروط الانصباب . اما الجزء الثالث وهو جزء قد نفتقده في بعض السيول فهو حوض التجمع أو حوض الاستقبال ، وفي هذه المنطقة التي تتجمع فيها كل مياه المسيلات الرافدة المتعددة ، يتشكل ، في عالية السيل ، السرير السيلي .

هذا ويقوم السيل بالحت في حوض التجمع وفي القطاع العلوي من قناة الجريان ، ولكن نرى مع ذلك في قناة الجريان جلاميد متراكمة يتعهد الفيضان القادم بدحرجتها ، وتشبه اوضاع هذه الجلاميد بعربات القطار التي تنتظر في المحطة القاطرة المقبلة لسحبها . ويقوم النهر فوق مخروط الانصباب بعملية التوضّع أو الإرساب لان انحداره قد تناقص فجأة وبالتالي كُبحت سرعة المياه على حين غرة ، وعندها لا يكون لدى السيل العزم الضروري لنقل الانقاض الصخرية القادمة من قناة الجريان . وعندئذ يتخلى عن الانقاض ، وعند توضعها ، فانه يقوم بتعليية سريـره وبذلك يتشكل المخروط السفلي على

ميل طولاني يعادل ميل الجريان كي تتمكن المواد التي يمكن نقلها في قناة الجريان من ان تُنقل بدورها ايضا من فوق المخروط .

ولكن السيل بممارسته التعلية المستمرة انما يهيئ على المناطق الملاصقة له ، وعند اول زود في مياهه او فيضان ، يترك سريره كي يحتل سريراً آخر في وضع اخفض ، وهذا السرير الجديد يتعرض للتعلية ، فيتركه السيل باحثاً عن سرير آخر وهكذا دواليك . وهكذا يتشكل المخروط الذي تقع قته عند مدخل قناة الجريان في الوادي الرئيسي . والسيل بتأرجحه فوق مخروطه يجعل من جواره منطقة خطيرة لاسيما وان القرى تبحث عن مواقع فوق المخروط نظراً لخصوبة التربة . وقد يبنى سد في وجه السيل ، ولكن السيول تتمكن احيانا من ان تبقر السد وتخلق سريراً آخر ، وفي اكثر الاحيان لا يجري تثبيت مجرى السيل حسب محور قناة الجريان بل باقامة حواجز جانبية تعمل على ترويضه وتحول دون تجواله .

هذا وقد تستطيع مخاريط الانصباب ان تقسر المجرى النهري الرئيسي على التراجع نحو السفح المقابل من الوادي وهكذا تدفع مخاريط روافد الدجلة اليسرى القادمة من جبال زاغروس نهر الدجلة نحو الغرب . كما ان نهر الرون في منطقة فالية Valais يتلوى بين المخاريط التي تجبره على الالتصاق بالتعاقب بالضفة اليمنى ، ثم بالضفة اليسرى من المجرى الضيق الذي يجري فيه .

ويسمح السيل بطرح معظم المشاكل المتعلقة بالحت النهري وبفهم بعض آليات عمل الانهار : كشكلة نقل الانقراض التي يقدمها الحت ، وطرائق نقل هذه المواد وتوضّعها . وهكذا لاحظ المهندس سوريل Surell الذي نشر في ١٨٤١ أول مؤلف علمي كبير عن السيول فقال : « لقد سلكت المياه في البدء تضريس أرض غير مستوية فهدمت تدريجياً نتوءات المنحدر . فهنا ائتكلت

وهناك انهضت ... ونتيجة كل هذه الاعمال كانت نشوء منحى لسرير جديد مناسب ، بشكل افضل من المقطع البدائي للأرض ، من أجل تصريف الماء . وبهذه العبارة اقترب هذا العالم من مفهوم مقطع الاتزان في الانهار .

### ثالثا - اشكال السرر :

١ - تعريف السرير هو المجال الذي يمكن ان يحتله الماء في نهر ما . ولكن هذا التعريف الغامض يجد ذاته يتطلب توضيحات ، لان للنهر بضعة أسرة .

فالسرير الاعظم ، أو سرير الفيضان ، أو كما يسمى أيضا سهل الفيضان ، هو كل النطاق الذي يغمره النهر وحيث تستطيع أن تغطيه « اللحقيات الحديثة » كما في الخرائط الجيولوجية وهو « الزور » . وهو أكثر عرضا بكثير من السرير العادي . أما السرير العادي أو بشكل أصح السرير الظاهري فهو القناة المحصورة بين ضفتي النهر ، والذي تحتله المواد المدحرجة بواسطة الماء ، والذي لا تحجبه النباتات او المساكن البشرية ، على خلاف السرير الاعظم ، ولكن في الوقت العادي لا يكون هذا السرير « العادي » مشغولا بالماء لان جزيرات « حويجات » من الرمال او من الحصباء قد تظهر فيه .

غير ان قناة الشح ، أو الصيهد في العراق ، أو التحاريق في مصر ، أي القناة التي تجري فيها المياه في فترات شح المياه ، لا تحتل الا جزءا صغيرا من السرير الظاهري ، لاسيا في حالة الانهار ذات النظام المضطرب كنهر الكبير الشمالي ومعظم انهار البحر الابيض المتوسط . قناة الشح هذه لا تكون محدودة بضاف واضحة . وحتى في سرير ظاهري مستقيم نرى فيه القناة المائية وهي

تتلقّى كالأنقى في داخل هذا السرير الظاهري وتتجول بين ضفة وأخرى .  
وهكذا قد تنقسم الى أذرع متفاوتة في عددها ، كحالة نهر عفرين في الصيف  
في سهل الجومة كما سبق وذكرنا ( شكل ١٤ ) .

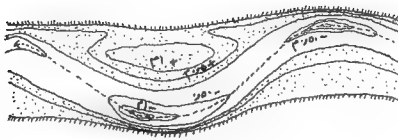
ملاحظة : نحن لا نستعمل عبارة السرير الاصغر ، لانها تبعث على  
الإلتباس ، فهي تدل تارة على السرير الظاهري وتارة على قناة الشح .

أما عرض السرير الافضل تعريفا فهو عرض السرير الظاهري ، ومع  
هذا علينا ان نختاط عند انقسام هذا السرير الى قسمين أي حيثما يطوق جزيرة  
نهرية اي « حويجة » .

٢ - مواد السرير . يمكن ان تكون مواد السرير النهرية مؤلفة من  
الصخر الحلي كما في مجاري السيول الجبلية مثل فج معلولا ، او من مواد منقولة  
بواسطة التيار المائي ، ونعني بها اللحيقيات . ويستطيع نهر ما ان يجري فوق  
سرير لحقي دون ان يعني ذلك انه يقوم بتعليق سريره . ومن المألوف بالواقع  
ان تكون مواد قاع السرير متحركة ، تخلّى عنها فيضان سابق ، كي يتلقفها  
فيضان لاحق .

وقد تعرضت مواد السرير الظاهري أو السرير الأعظم إلى التهذيب بفعل  
النقل . فتكون مشذبة بصورة متفاوتة فزالت زواياها ، فإذا كانت من  
الحصى فإن هذه الحصى قد استدارت وأصبحت حصباء galets . وتحليل  
قياس الحبات أو علم الغرانولومتري granulométrie هو الذي يسمح بمعرفة  
مقياس هذه اللحيقيات . ففي السرير تتجاوز الرمال مع الغرين ( الليون )  
ومع الحصباء ، ويزيد حجم هذه الحصباء كلما كان التيار النهرى الذي نقلها  
سريعا .

وأكثر المناطق عمقا في قناة الشح هذه هي الواقعة في المنعطفات ، عند



شکل ١٦ - طبغرافية سرير ظاهري مع قناة الشح

ويتمثل الشكل على شكل مستو مع منحنيات التسوية ( كنتور ) . ويكون فارق الارتفاع بين منطقتين متساويتين مقداره ٠,٥ م . ويدل الرقم صفر على مستوى الشح ، أي أخفض مناسيب الماء . وتشير الأماكن النقطية إلى السرير الواقع فوق سوية الشح . وتشير الخطوط المسننة إلى حدود السرير الظاهري ، حيث يبدأ بعدها السرير الأعظم ، أو سرير الفيضان . أما الخط المتقطع فيدل على خط أكبر سرعات التيار .

حافة الضفة ، في حين أن القطاعات المستقيمة التي تجتاز المجرى النهري بصورة مائلة ، منطلقة من منعطف لآخر ، تكون أقل عمقا . فالأجزاء العميقة تدعى المغارق mouilles في حين تدعى الأجزاء الضحلة والمستقيمة والمائلة بالنسبة لمحور السرير الظاهري العتبات seuils ( شكل ١٦ ) .

#### رابعاً - الأنواع النهرية ، أو المنادر méandres

ترسم قناة الشح في النهر تعرجات في داخل السرير الظاهري ، وبشكل خاص عندما يكون هذا السرير مستقيماً . غير أن السرير الظاهري قد يحوي أيضاً على تعرجات ، ولا تطلق كلمة كوع méandre<sup>(٨)</sup> على كل هذه التعرجات بل تخصص هذه العبارة لكل خط مائي ينحرف دون سبب ظاهر عن اتجاه الجريان كي يعود إليه بعد أن رسم انعطافاً شديداً .

( ٨ ) مأخوذ من اسم نهر ( Méandre ) في تركيا الغربية والمشهور بشدة تعرجاته ويدعى نهر مندريس باللفة

التركية .

ويؤلف الكوع طابعا كثير التكرار في شكل المجاري النهرية : فقد نجد منها على أنهار هادئة مثل نهر الأعوج أو نهر السين بعد باريس أو نهر العاصي عند سلقين مثلما نجد بعضها على أنهار سريعة نسبيا كنهر الموز Meuse في شمال شرق فرنسا أو الفرات في سورية بعد السد .

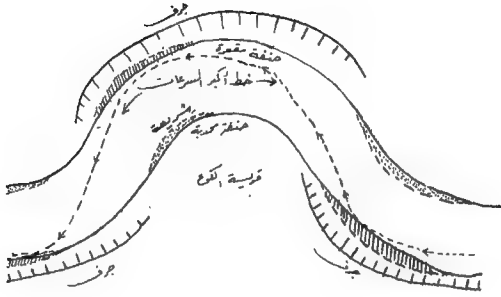
ومع هذا يمكن تمييز نموذجين من الأكواع النهرية :

- أكواع الوادي ، وتدعى أيضا الأكواع المتعمقة ، وهي حالة تتحقق عندما يتلوى الوادي ذاته مثل النهر وعلى نفس المقياس كأكواع نهر العاصي بين الرستن وحماه .

- أكواع السهول اللحقية ، وتدعى أيضا ، وهذا خطأ ، الأكواع الحرة أو الأكواع المترنحة ، وهي حالة تتحقق عندما تكون التعرجات على النهر مستقلة عن شكل الوادي وعلى مقياس أصغر منه .

هذا ولا تقل أكواع الوادي حدوثا في الطبيعة من أكواع السهل اللحقي . فأكواع نهر الموز في منطقة الأردن Ardenne الفرنسية قد تعتبر أكثرها نموذجية ، في حين تعتبر أكواع الفرات في سورية ونهر الأردن بعد بحيرة طبريا ونهر الدانوب في هنغاريا وأكواع نهر الميسيني أكواعا نموذجية في السهل اللحقي .

فالكوع وحتى التعرج البسيط نفسه يجنح إلى المبالغة أي إلى الاستفحال . وفي الحقيقة يتعد التيار النهرى الرئيسى نحو الطرف الخارجى من الكوع ، أي يجنح إلى المرور قريبا جدا من الضفة المقعرة . ( وصفة مقعرة أو محدبة نأخذها دوما كما لو كنا ننظر إلى ضفة النهر من قناة الجريان ) . وهكذا نلاحظ في زمرة من الأكواع كيف يقوم التيار بالالتصاق بالضفة اليمنى

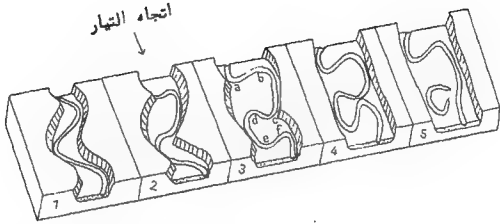


( شكل ١٧ ) - استفحال الكوع بفعل الجرف ( خطوط صفيرة مرقاة ) على الضفاف المقعرة ، وبتأثير الأطاء ( القسم المنقط ) على الضفاف المحدبة . لاحظ جنوح الكوع إلى الانزلاق باتجاه السافلة .

وبالضفة اليسرى بصورة متعاقبة ، رأساً تعرجات أكبر من محور السرير الظاهري ، وجانحاً إلى مبالغة هذه التعرجات لأن مكان السرعات الكبرى هو مكان الحت الأقصى ( شكل ١٧ ) . وهكذا تنحرف الضفة اليمنى أكثر فأكثر ، في حين يتخلى التيار ، المفرط في بطئه بالنسبة لحولته من الانقباض الصلبة ، يتخلى عن قسم من هذه المواد ويبني شريعة حصوية عند الضفة المحدبة . وبذلك يستفحل الانعطاف .

وبهذا التطور تصبح الضفة المقعرة على شكل جرف ، في حين تكون الضفة المحدبة ، التي يبنها الكوع ، منخفضة وأطئة وتسمى شريعة .

وعن طريق استفحال الانعطاف قد يتقاطع كوعان متجاوران ، ويتم هذا التقاطع بصورتين مختلفتين :



( شكل ١٨ ) - تطور أكواع متممة ، بتأثير المجرة نحو السافلة وتقويم الوادي ، نحو أشكال أكواع السهل اللعني .

في رقم ١ و ٢ استفحال الترجات . في ٣ تشكل الكوعين ( c.b.a و c.d.e f ) في ٤ التقاطع بالتاس . وقد أصبح الوادي الأصلي مقوما . في ٥ لم يبق سوى ذراع ميت أو بحيرة هلالية من الكوع القديم ( u d e.f )

- بفعل **الطفحان** ، وذلك عندما ينغمر كل السهل أثناء الفيضان ، فيحتفظ التيار بعد هبوط الماء بطريق مستقيم أقل طولاً عوضاً عن أن يرسم كوعاً ، وهذه الطريقة تكون مستحيلة طبعاً في حالة كوع متعمق .

- بفعل **التماس** وذلك عندما يؤدي استفحال الانعطاف إلى القضاء تماماً على **عنق الكوع** ( شكل ١٨ رقم ٤ ) .

وما إن يتحقق الانقطاع المذكور ، حتى يتلاشى الكوع القديم ولا يبقى منه سوى ذراع ميت ( شكل ١٨ - ٥ ) كذلك التي تدعى ox - bow ( قلادة الثور ) في وادي الميسيسيبي . ويؤدي انقطاع عنق الكوع إلى تماس نقطتين من المجرى النهري كانتا مبدئياً واقعتين على مسافة ما من بعضها البعض أي على سويتين مختلفتين ، مما يؤدي أحياناً لنشوء شلال ، يظل قائماً بعض الوقت إذا كان هذا الشلال فوق صخور قاسية ، كشلال لاوفن Lauffen على نهر Neckar الألماني .

وفي الوقت نفسه الذي تستفحل فيه الأكواع ، أي يزداد عرض مجال



تجوالها ، تقوم بهجرة باتجاه السافلة لأن خط السرعات الكبرى يحتاج لبعض الوقت كي يبلغ انتقاله الأقصى باتجاه الضفة المقعرة . وتؤدي هذه الهجرة باتجاه السافلة إلى تغيير calibrer كل الوادي حسب أبعاد ومقاييس الأكواع ، مما يحول أكواع الوادي إلى أكواع السهل اللحقي الكاذبة ( شكل ١٨ ) . ولهذا الهجرة نتيجة أخرى أكثر غرابة : فنهر صغير قد يتعرض للأسر بواسطة كوع متجول ، كحالة نهر سانت أو ستربرت الذي أسره نهر السين في سافلة مدينة روان ، ونهر الموران الكبير الذي أسره نهر المارن عند بلدة إيسبلي . Esbly .

ومن العسير جدا معرفة سبب كون أحد القطاعات على نهر ما يحوي على أكواع ، في حين أن القطاع الآخر يقتصر على مجرى مستقيم . ومن غير الصحيح ، في كل حال ، القول بأن الكوع هو دليل على عجز النهر في الجريان . فلكي يستطيع نهر ما أن يرسم أكواعا ، نجد على العكس ، أن من الواجب أن يكون على قدر كاف من القدرة كي يستطيع نسف وتقويض صخور ضفته ، ومن المعروف أن هذه القدرة الكافية لا تحتاج لأن تكون كبيرة جدا بالنسبة لأكواع سهل لحقي كأكواع الفرات أو العاصي عند سلقين ، على خلاف الحال بالنسبة لأكواع متعمقة مثل العاصي عند الرستن . ففي هذه الحالة الأولى لا يقوِّض النهر سوى لحقيات هشة ، في حين يكون مضطرا في الحالة الثانية إلى أن يتصدى للصخور التي يتعمق فيها وخاصة إذا كانت من النوع الشديد المقاومة .

ومن غير الصحيح التفكير بأن الأكواع المتعمقة encaissés قد تشكلت قبل الحفر فوق سطح مستو وإنها تعمقت في مكانها كما هي خلال الحفر . وكل كوع يتطور باستمرار ، سواء كان متعمقا أو في السهل اللحقي : فالنهر السريع الجريان يكون قادرا تماما على صنع الأكواع خلال تعمقه .

## الفصل الثالث

### قدرة وحمولة الأنهار ومقطع الاتزان

مقدمة : يتألف عمل مجرى الماء أو النهر ، من نقل الأتقاض ، ومن الحفر ، ومن التوضيع أو الإرساب . وعلينا أن نعرف كيف تتناسق هذه النواجز الثلاثة من العمل النهري حسب مختلف تقاطع السيرير وكيف تختلف باختلاف الأنهار .

**أولا - حمولة النهر :** ينقل كل نهر ، في برهة معينة ، حمولة معينة ، مؤلفة من عكر عالق ، ومن أنقاض مدحرجة على القاع ، ومن أنقاض تتدحرج على القاع تارة وتنتقل بين فيضان وآخر تارة أخرى ، وفي هذه الحالة الأخيرة نقول هناك نظراً أو قفز *saltation* .

وتعريف الحمولة يكون بمعرفة وزن المواد الغريبة في كل متر مكعب من الماء وبمقاييسها ، فكل الأتقاض التي نجدها في متر مكعب من الماء مأخوذة من النهر كيفما اتفق لا يكون لها نفس المقياس *calibre* ، فهناك غرين ( *limon* ) ، ورمال ، وربما حصباء ، وحتى جلاميد . فالحمولة الصلبة في ماء الفرات قبل بناء سد الفرات عند الرمادي مثلاً كانت تبلغ ١٣٠ غرام / م<sup>٣</sup> / ثا في فترة الصهيد كي ترتفع إلى ١٨٠٠ غ / م<sup>٣</sup> / ثا في فترة الزود أو الفيضان في أيار . وتبلغ هذه الحمولة على النيل أثناء فيضانه ١٦٠٠ غ / م<sup>٣</sup> / ثا فكان ينقل سنوياً ، قبل بناء السد العالي ، ١٠٠ مليون طن في العام ، يأتي بمقدار ثلثيها أو ٦٨ ٪ في فترة الفيضان ( آب إيلول ) أي من ايشيوبيا . فكان هذا الغرين



( شكل ١٩ ) : طرائق نقل الأتقاض .

يتوزع على الأراضي الزراعية بمعدل ١٣ طن بالهكتار . وتبلغ الحمولة عند القاهرة ١٧٠ غ/م<sup>٢</sup> / ثا ، ولكن الصبيب الصلب في التحاريق ( نيسان إلى تموز ) كان أكثر من ٢٠٠ غ / م<sup>٢</sup> / ثا وكل هذا قبل بناء السد العالي .

### ثانيا - القدرة puissance الخام والقدرة الصافية .

لكل نهر في فترة معينة ، وفي نقطة معينة من مجراه ، قدرة معينة . وتتعلق هذه القدرة بحجم الماء أي بالصبيب محسوبا بالأمتار المكعبة في الثانية ، وبالسعة . وتتعلق السرعة ذاتها بالانحدار الطولاني لجرى النهر ، وتحسب على أساس انخفاض المجرى المذكور في كل كيلو متر واحد . ويستهلك جزء من قدرة النهر في نقل الحمولة ، أي الغرين limons ، والرمل والحصاء المنقولة ، في حين يستعمل جزء آخر في الاحتكاكات الداخلية ، أي تلك التي تحصل بين التيارات المائية وخاصة عندما يحوي النهر على دوامات . فإذا كانت القدرة المستهلكة في نقل الحمولة بالإضافة إلى القدرة المستهلكة في احتكاكات الماء الداخلية غير كافية لاستنزاف كل قدرة النهر ، فإن الفائض المتوفر يستعمل في حث السرير ، فيكون لدى النهر بالواقع قوة كافية لكي يقوم بالحفر . وتسمى القدرة الكلية القدرة الخام brute وتطلق عبارة القدرة الصافية nette على القدرة المتبقية عندما نطرح من القدرة الخام تلك التي

يستهلكها نقل المحولة والاحتكاكات الداخلية ، أو بعبارة أخرى ، القدرة الصافية هي التي تستعمل في عملية الحت .

وإذا كانت القدرة الخام كافية فقط للنقل والاحتكاكات ، فإن القدرة الصافية تكون عندئذٍ منعدمة ، فيكون النهر عاجزاً عن الحفر ، وإذا كانت القدرة الخام غير كافية للنقل وللاحتكاكات الداخلية ، فلا يكون النهر عاجزاً عن الحفر فحسب ، بل يكون مضطراً للتخلي عن قسم من حمولته ، وعندها يوضّع ، أي يرسّب .

### ثالثاً - الانحدار أو الميل الاتزاني في كل نقطة

عندما لا يقوم النهر بالحفر أو التوضيع ، يقال إنه في حالة اتزان أو أنه يجري فوق انحدار توازني لأن له انحداراً يوفر له السرعة الكافية فقط لمنحه قدرة تؤمن عملية النقل والاحتكاكات الداخلية .

وإذا كان النهر يحفر في العالية ، إذا لا يوجد أي سبب يدعو له لأن يحفر كذلك في السافلة ، فإن انحداره يتناقض بين المكان الذي يحفر عنده وبين المكان الذي لا يتغير فيه الارتفاع أي في السافلة . وبمجرد أن يخفف النهر من انحداره ، فإنه يقوم أيضاً بتنقيص سرعته ، وبالتالي قدرته ويمنح عند ذلك إلى الكف عن الحفر ، وبالحصول على الانحدار التوازني . ويمكننا صنع نفس المحاكمة بالنسبة لنهر يقوم بالتوضيع . فعندما يوضّع في سريرته في نقطة ما ، إذا لا سبب يدعو له لأن يوضع في السافلة ، فإنه يقوم بزيادة انحداره ، أي بزيادة سرعته ، لكي يصبح على قدر كاف من القدرة في النقطة المعينة ولأن يكون كفوّاً لنقل حمولته . وفي هذه الحالة أيضاً فإنه سيجد انحداراً توازنيّاً .

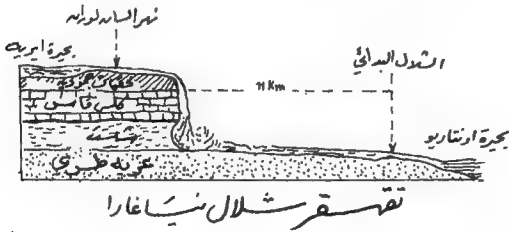
وهكذا نرى أن الميل التوازني ليس هو الذي يسمح للنهر فقط بأن يجري بل هو الميل الذي يسمح له بأن يجري وبأن ينقل .

والانحدار الذي يسمح للجريان فحسب يبدو زهيدا للغاية ، فيبلغ حوالي ٢ سم في كل ١٠٠٠ كيلو متر في حالة نهر مثل نهر الراين ، مما يكفيه أن يكون ارتفاعه عند مدينة بال السويسرية ٢ سم عوضا عن ٢٤٠ م وهو ارتفاع هذه المدينة فعلا عن سطح البحر ! وفي الطبيعة نجد أن لدى كل الأنهار حولة يجب تفريغها بواسطة النقل .

وبالطبع تختلف كل من القدرة والحولة في كل فترة وخاصة بين الفيضانات والتحاريق ( الشح ، الصيود ) . وعندما نقول إن لنهر ما في نقطة معينة انحداراً اتزانياً ، فمعنى ذلك إنه يحقق هنالك حالته الوسطى ، وأن محصلة العوامل العديدة في الحفر والأطماء والموزعة على مجراه طيلة العام تكون تقريبا معدومة . وبالفعل تعمل الأنهار خاصة في فترة الزود أو الفيضان ، لأن العمل خلال الشح وحق في أوقات جريان الصبيب المتوسط يكون أمرا ضئيل الأهمية بالموازنة مع العمل الذي يتم عند الفيضانات العنيفة .

#### رابعا - تغير الانحدار بفعل الحفر والأطماء remblaiement

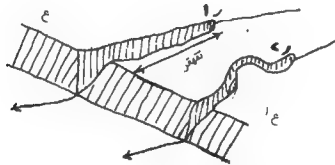
لقد سبق لنا أن رأينا أمثلة على مجار مائية في حالة الحفر ، كالسيل في حوض التجمع ، وعن مجار مائية تقوم بالأطماء ، كالسيل عند مخروط



( شكل ٢٠ )

الانصباب ، ولكن كل الانهار ، على اختلاف مقاييسها ، تحفر في هذا المكان ، وتردم في مكان آخر ، وتقوّم مجراها أي تحاول أن تقضي على التكررات في المقطع الطولاني . وفي الحقيقة لا يكون النهر حراً في تغيير صبيبه الذي يتلقاه من حوضه السفحي basin - versant ، والذي يتلقى الأمطار ، كما لا يكون حراً في تغيير حولته آنياً ، ولكنه يستطيع في المقابل أن يعدل انحداره عن طريق الحفر أو عن طريق التوضيع ، أي الأطباء ، إذن يستطيع أن يغير سرعته كي يسترد الاتزان الذي تكلمنا عنه . ويجنح كل قطاع يجري عنده الحفر إلى الصعود باتجاه العالية ، وذلك لأسباب يعسر تفسيرها في هذا المجال . فيقال أن الحت تراجعى régressive وهو ما يدعى بالحت الصاعد . ومن السهل العثور على برهان عن ذلك ، كتراجع الشلالات الكبرى ، مثل شلال نياغارا على نهر السان لوران بين الولايات المتحدة وكندا ( شكل ٢٠ ) .

كما أن التخديدات التي تحدث في الحقول بعد عاصفة مطرية ، والتي تبدو وكأنها أنهار مصغرة تجريبية ، تمنح نحو الامتداد باتجاه الأعلى عند حدوث الزخة التالية . وعلى مقياس أكبر نجد الشيء ذاته على الأنهار والنهيرات ( شكل ٢١ ) .

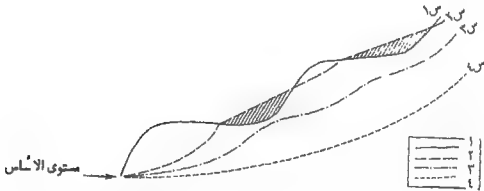
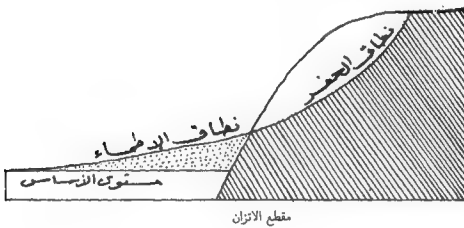


( شكل ٢١ ) - تقعر انقطاع انحدار ( ميل ) بمنح الحت التراجعي أو الصاعد .

يجفر كل نهر خائفا انطلاقا من الجرف إلى المنحدر للبديهي ع غ . وهكذا وصل انقطاع الإنحدار على القطعين إلى التقطعين ١ و ٢ .

### خامسا - مقطع الاتزان ومستوى الأساس .

يسؤدي تنظيم مجرى النهر ، قطاعا فقطاعا ، عن طريق الحفر في المنحدرات الشديدة جدا وعن طريق الأطماء ، أو الترسيم ، في القطاعات الضعيفة الميل جدا ، يؤدي في نهاية الأمر إلى منح كل النقاط في مجرى النهر انحدارا اتزانيا . والنهر الذي حقق في كل نقاط مجراه الميل الاتزاني يعتبر نهرا ذا مقطع اتزاني أو توازني ( شكل ٢٢ ) .



( شكل ٢٢ ) - تنظيم أو تقوم المجرى النهرى وتحقق المقطع الاتزاني

١ ، ٢ ، ٣ ، ٤ المقاطع المتماثلة ، ١ س ، ٢ س ، ٣ س ، ٤ س : المواقع المتماثلة للينابيع . وتشير الخطوط المتوازية إلى إمكانية الأطماء الموقت .

لاحظ أن التقوم يتم في قطاع إثر قطاع ، كما أن النبع ، شأن كل انقطاعات الانحدار ( الميل ) ينتهقر وإن لمقطع الاتزان شكلا مقعرا باتجاه السماء . وتبدو الارتفاعات مبالغة جدا بالنسبة للأطوال ( حوالي ١٠٠٠ مرة ) .

ويبدو المقطع الاتزانى ، إجمالا على شكل منحني مقعر باتجاه السماء ، وبعبارة أخرى يتضاءل الانحدار من العالية نحو السافلة . ويفسر هذا التناقص في الميل بتزايد الصبيب باتجاه السافلة وإن مقاييس عناصر الحولة تتناقص بسبب البلى التدريجي الذي يعتري الأنقاض المنقولة . فصبيب مائي غزير يقنع ، لنقل حولة معينة ، بانحدار أقل قوة مما يتطلبه صبيب هزيل ، وعند تساوي الصبيب المائي ، فإن الأنقاض الدقيقة تنتقل على ميل ضعيف جدا بصورة أسهل من نقل الأنقاض الخشنة .

هذا ولا يمكن إعطاء صيغة رياضية صحيحة للغاية عن منحنى مقطع الاتزان ، ففي الحقيقة يتعلق انحدار التوازن ، في كل نقطة من مجرى النهر ، بالشروط المحلية . فعند كل مقرن ( مرفد ) يحدث نوع من انكسار في منحنى الاتزان إذا جاء نهر صغير ، ضعيف الصبيب ولكنه ذو حولة كبيرة جدا ، ليزيد في الكتلة المنقولة ، مما يضطر النهر الرئيسي إلى زيادة انحداره في سافلة المقرن بالرغم من القاعدة العامة القاضية بوجود تقعر عام في شكل منحنى الاتزان . وعلى العكس إذا جاء نهر غزير وقليل الحولة ليرفد نهرا رئيسيا ، فإن هذا النهر الرئيسي يقيم في سافلة المقرن انحدارا يكون فجأة أقل شدة .

هذا ولا يجب الاعتقاد بأن مقطع الاتزان ، على الأنهار الكبرى ، يجنح للتلاشي تماما بمجوار البحر . ففي الحقيقة هناك دائما حولة يجب نقلها ، إذن على النهر أن يحتفظ بانحدار ما . غير أن مفعول ظاهرة المد والجزر في المصببات الخليجية estuaires ، وبالإنكليزية estuary تشوه هذه الملاحظات . ومن ناحية أخرى سنرى أن كل الأنهار تعرضت إلى اجتياح قطاعاتها السفلى من قبل مياه البحر في أعقاب ذوبان الجلوديات الرباعية الكبرى قبل حوالي ١٠٠٠٠ سنة ،



فأصبح انحدارها ضعيفا جدا في مجاريها السفلى فراحت تقوم بالأطباء ، وغالبا ما تكون تحت مستوى مقطعها الانترائي في هذه القطاعات السفلى .

وإذا كان من الصحيح القول أن النهر يعدل مقطعه الطولاني في كل نقاط مجراه وإن ارتفاع كل هذه النقاط يتغير ، فإن هناك مع ذلك نقطة فريدة لا يستطيع النهر أن يحفر تحتها ، وتكون هذه النقطة ، في حالة نهر كبير ، هي المصب ، أي النقطة التي يبلغ عندها مستوى البحر . وفي الواقع إذا انخفض سطح النهر إلى ما دون هذه النقطة فإن تيار الماء سيضطر للصعود باتجاه السافلة ، وهو أمر غير معقول . وبالتأكيد تستطيع بعض المغارق mouilles أن تنزل إلى ما دون سوية البحر ولكن سطح الماء يظل دوما على نفس الارتفاع الإيجابي . وإذا كنا في حالة نهر صغير فإن النقطة التي لا يستطيع أن يحفر دونها هي المقرن مع النهر الذي يصب فيه .

ونطلق عبارة مستوى الأساس على المستوى الذي لا يستطيع النهر أن يحفر دونه . وفي حالة نهر صغير فإن مستوى أساسه يكون إذن عند مقرنه مع النهر الكبير الذي يتلقى ماءه ، فنقول عندئذ أن هذا المقرن هو مستوى أساسه القريب ، فقرية البصرة تعتبر مستوى الأساس القريب لنهر الخابور .

كما أن النهر الذي يصب في بحيرة يؤلف سطح هذه البحيرة المستوى الخاص به مثل مستوى بحر آرال بالنسبة لنهري سيرداريا وأموداريا ، أو بحيرة العتيبة بالنسبة لنهر بردى ، أو بحيرة طبرية بالنسبة لنهر الأردن ، أي أن المناطق ذات الصرف الداخلي لا تعرف سوى مستوى أساس البحيرة التي ينتهي عندها النهر الرئيسي . أما البحر فهو مستوى الأساس العام لكل المناطق ذات الصرف الخارجي .

## الفصل الرابع

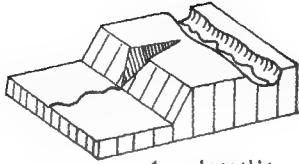
### تطور الشبكات النهرية والدورة الحتية

مقدمة : في كل حوض نهرى لا شيء ثابت سوى مستوى الأساس ، فالنقاط الواقعة في سائر أنحاء الحوض تنخفض بفعل الحت أو ترتفع بفعل الأطناء كما يكون مرتسم Tmc6 أو غطط الأنهار غير ثابت أيضا ، لأن الأكواع تتغير في تفاصيلها ، ولكن قد تحدث أيضا تغيرات في غطط النهر على مقياس كبير .

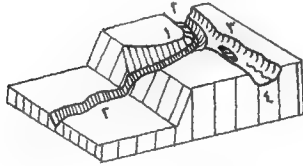
#### أولا - الأمر والانسكاب :

لنفترض وجود نهرين قريبين من بعضهما وهما نهر رقم ١ ونهر رقم ٢ يجريان على سويتين مختلفتين (شكل ٢٤) ، وأن نهر رقم ٢ يقع في مستوى أعلى من مستوى نهر رقم ١ . فعلى الأرض التي تفصل بين النهرين تقوم روافد نهر رقم ١ ، المتتعة بانحدار أشد من روافد رقم ٢ ، بتقهقر رأسها بفعل الحت التراجعي . فأحد روافد نهر رقم ١ والذي سنطلق عليه اسم نهر رقم ٣ سيدفع بنبعه حتى بلوغ مجرى نهر ٢ في النقطة ج . ونظرا لشدة انحدار نهر رقم ٣ فإن نهر رقم ٢ سينهمر في مجرى نهر رقم ٢ كي يصب في نهر رقم ١ . وسيقوم بمجرى نهر رقم ٣ وتقوية عملية أمره .

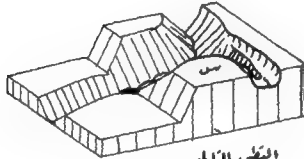
ويلقب نهر ١ بالنهر المستفيد ، و٢ النهر الظافر (أو الساحب) ، و٣ النهر المنقطع ، لأن مجراه في عالية نقطة ج عبارة عن مجرى مأسور . ويطلق على المجرى الجديد عند ج عبارة عكس الأمر . ويتحول المجرى القديم لنهر ٢ ، مباشرة في سافلة نقطة ج ، إلى واد بلا نهر ، لذا يسمى الوادي الميت .



مخطط عملية أسرو شبكة الممرات



بعد حدوث الأسر



الطور الثاني

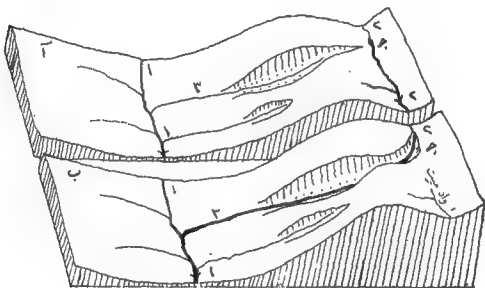
تمثيل تطور الأسر العرضي

( شكل : ٢٢ )

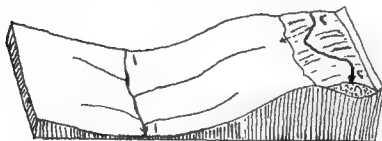
ولنفترض الآن وجود نهرين يحملان رقمي ١ و ٢ لهما نفس وضع الحالة السابقة ( شكل ٢٥ ) . فإذا كان النهر رقم ٢ دون مقطعه الاتزاني ( رغم أنه أعلى من مجرى نهر رقم ١ ) ، مثلاً في حالة تكون الحولة فيها بالغة الكثرة تأتية من العالية ، فيقوم عندئذ بتعلية سريره وقد يتمكن من ردم سريره حتى مستوى يفوق مستوى أخفض الممرات التي تفصل حوضه عن حوض نهر رقم ١ .

ويؤدي تأرجح النهر رقم ٢ على سريريه الاطوائي ، كتأرجح سيل فوق  
مخروطه الانصبابي ، إلى أن ينحرف نحو حوض نهر رقم ١ ، أو كما يقال ، إلى أن  
ينسكب فيه ، دون أن نهمل دور أنهار حوض النهر رقم ١ . وما أن يتحقق  
الانسكاب déversement حتى يتزايد فرق الارتفاع ، فالنهر المولود الجديد يحفر  
ويديم غخطه الجديد .

وأشهر حالة عن انحراف بواسطة الأسر أو الانسكاب ، هي حالة نهر

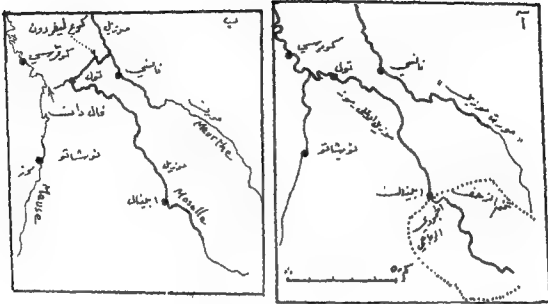


( شكل ٢٤ ) : الأسر الحقيقي ( تراجع الرأس النهري ) .



( شكل ٢٥ ) : انسكاب

يمثل الشكل الوضع قبيل الانسكاب . ويشير الخط المقطع لجري الانسكاب في المستقبل . وتمثل النقاط الأظاء .

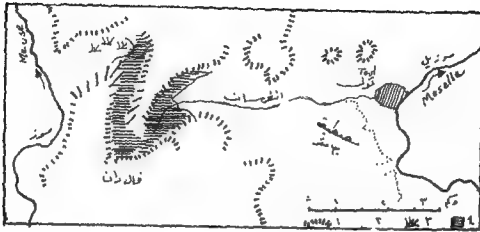


( شكل ٣٦ ) - انحراف نهر الموزيل الأعلى بالأسر

أ - الوضع قبل عملية الانحراف ( الأسر ) . ب - الوضع الحالي .

الموزيل الأعلى الذي أسر عند مدينة تول بواسطة أحد روافد نهر مورتموزيل في سافلة مدينة فروار . فقد كان نهر الموزيل الأعلى يصب في نهر الموز الذي حُرِّم بفعل الأسر من أحد روافده (شكل ٣٦) .

ونجد وادياً ميتاً مهجوراً بين مدينة تول ووادي نهر الموز ، يدعى واد آن Val de l'Asne الذي يجري فيه نهر هزيل يدعى أنغرسان Ingressin ، يجري في اتجاه معاكس غير أن هذا النهر الضامر هو أعجز من أن يكون قد حفر هذا الوادي الفضفاض الحساوي على أكواع من مقياس اكواع نهر الموز (شكل ٣٧ وشكل ٣٨) . ويمكن للإنسان أن يرى عدم تناظر السرير بشكل مضبوط على الحارطة ، حتى ليمكنه ، وذلك استناداً إلى قانون هجرة الأكواع نحو السافلة ، أن يقرّر بالاستعانة بالطبوغرافية ذاتها ، إن المجرى النهري الذي كيّف وادي أن كان يجري في اتجاه نهر الموزيل - الموز Moselle - Meuse ، في شمال شرق



( شكل ٢٧ ) - فالا دان آ واد آن



مجموع تقريبي لظاهرة أسر نهر الموزيل على

( شكل ٢٨ )

فرنسا . وتتألف أعلى نقطة في قاع وادي ان من أكدياس أنقاض قادمة من السفوح أعقبت انقطاع الجريان المائي : فهي تمثل ما يسميه أهل المنطقة « الغروين » . ولكن إذا تركنا « الغروين » المذكور جانبا ، فإن غشاء من اللحيقيات يحتل قاع الوادي ويتصل من ناحية مع مصطبة مدينة تول البالغ ارتفاعها النسبي ٣٠ م ، ومن ناحية أخرى مع الغشاء اللحقي الذي يحتل تقريبا كل وادي الموز . ويحتوي هذا الغشاء اللحقي على أنقاض قادمة من جبال الفوج ، والتي نثر عليها في وادي الموز في سافلة نهاية وادي آن والتي تكون ، أي اللحيقيات المذكورة ، في عالية الوادي ذاته . وهنا تأتي الحجج الجيولوجية لتضاف داعمة الحجج الطبوغرافية .

وهناك مجال للمناقشة لمعرفة ما إذا كنا في معرض أسر صرف أو فيا إذا كان نهر الموزيل القديم قد انحرف وانكفأ باتجاه مدينة تول بالانسكاب . وعلى كل تعود هذه الحوادث للدور الجيولوجي الرابع .

أما أسر نهر اللوار الأعلى على يد نهر اللوار الأسفل فيعود لزمن أقدم ، وغالباً في منتصف الدور الثالث . وابتداء من مطلع هذا الدور حتى منتصفه ، كان نهر اللوار القادم من الكتلة المركزية ( الماسيف سنترال ) يصب تارة في أحواض داخلية وتارة أخرى كان يصب في نهر السين فيرفده في المنطقة الباريسية . ونظراً لأن نهر اللوار الأعلى كان عبارة عن نهر مشحون بالمحولة ، نظراً لأن الكتلة المركزية كانت في حالة نهوض وكانت بالتالي تقدم للكتلة عظيمة من الرمال ، فكان يشيد في منطقة سولوني Sologne وفي منطقة اورليان Orléans مخروط انصباب فسيح ، كان يتأرجح فوقه . وقد حدثت حركة تكتونية سالبة في منطقة تور Tours أدت إلى اجتياح البحر ، ويشهد على ذلك التوضعات القوقعية المسماة فالون Faluns وهكذا تعرض نهر اللوار الأعلى خلال إحدى ترغحاته الجانبية إلى الانسكاب في بحر الفالون المذكور ، وبالتالي في المحيط الأطلسي<sup>(١)</sup> .

### ثانياً - تسلسل المراتب في الشبكة المائية hiérarchisation

تعمل ظاهرة الأسر أو الانسكاب على تسلسل الشبكة . وفي الواقع ، لنفترض وجود انحدار منسجم فالشبكة الأصلية تتبع الانحدار على شكل شبكة متوازية العناصر ، كما نرى ذلك فوق حدود talus غضاري بعد عاصفة

---

( ١ ) وتنطبق هذه الملاحظة أيضاً على نهر النيجر الأدنى الذي أسر النيجر الأعلى الذي كان يصب في بحيرة ماسينا على شكل دلتا قبيل تمكنتو . كما لاحظ اتيان دوفوما أن نهر العاصي الأدنى أسر بعد تشكل حوض الغاب في نهاية الدور الثالث ، نهر العاصي الأعلى الذي كان يصب في بحيرة تمتد من حمص حتى الرستن والتي يشهد عليها توضعات الطف البحري الذي يحوي أحياناً على حصويات بازلتية عند جسر الرستن حالياً .

مطرية . ووضع وارتصاف الشبكة النهرية في منطقة آرمانياك التي سبق أن  
أشرنا إليها يعطي مثلاً تقريبياً عن ذلك ( شكل ١٣ ) .

بيد أن الأوضاع لا تكون منسجمة بدقة على كل الأنهار المتساوية التباعد  
عن بعضها البعض : فقد يتميز أحد الأنهار عن الأخرى بتغذية مائية أكثر غزارة  
نوعاً ما ، أو بمنطقة ذات مقاومة لبيولوجية ( بتروغرافية ) أضعف . وابتداء  
من ذلك الحين يمنح النهر المتميز لأن يصبح غازياً ، لأنه يحفر أكثر من جيرانه  
ويهددها بالأسر . وكل أمر يزيد في صبيبه ويزيد في تميزه ، وهكذا تستفحل  
مزايا النهر كتوسع نقطة زيت سقطت فوق قماش ، وتوسع شبكة النهر المنتصر  
شيئاً فشيئاً على حساب جيرانه .

وعلى كل حال لا تتسع شبكة النهر الغازي إلى ما لا نهاية . إذ ستصطدم  
بجواجز من صخور قاسية ، وبمركبات اوروجينية<sup>(١٠)</sup> تمنح لأن تخلق فوق  
المجلونات fastes أو فوق خطوط الذرا ، مثل جبل الشفا الفاصل بين تهامة  
ونجد واليمن في شبه جزيرة العرب . خطوط تقسم جديدة للمياه .

### ثالثاً - ترسيمة schéma الدورة الحتية

في الوقت الذي تزداد فيه الشبكة عرضاً وتشكل الحوضات النهرية  
الكبرى تكون القارات معرضة للبلل والائتكال . فهي تنقصد في الحقيقة من  
صخورها باستمرار . وحتى إذا كان الإطماء يزيد من ارتفاع منطقة صغيرة  
موقتاً كشال مخروط الانصباب في واد جبلي ، فإن لمصلحة الأعمال النهرية  
انجهاً وحيداً وهو أن الانقراض الصخرية تذهب في النهاية من العالية باتجاه

---

( ١٠ ) مأخوذة من كلمتي Oros وتعني جبل باليوناني و Gène وتعني ولادة ، أي الحركات المولدة للجبال  
كالانكسارات والالتواءات وحركات نهوض الأرض .



السافلة كي تتوضع في قاع البحار ، وبذلك تتناقص ارتفاعات مجموع القارة ، وتجنح التضاريس نحو التسوية .

وقد جاء حين من الدهر أطلق فيه على عمل التسوية هذا الدورة الحثية . وتذكر أن هذا المفهوم هو من ابتداء الجيومورلوجي الأمريكي دافيس الذي كان يعتبر أن الحركات التكتونية ( البنائية ) التي تبعث التضريس وترفعه هي سريعة وقصيرة الأمد بالنسبة لعمل الحث البطيء وبذلك تضع نهاية فجائية لعمل التسوية القارية ، بحيث تؤدي لاستئفاف الحث النهري من جديد . وفي الواقع يجب أن تشمل الدورة على فترة حركات تكتونية بالإضافة إلى تسوية تدريجية . ولكن عملياً حث العادة أن تطلق الدورة الحثية على عمل التسوية أو التسطیح aplanissement لوحده<sup>(١١)</sup> . وتذكر أيضاً أن مفهوم الدورة الحثية هو مفهوم قابل للمناقشة لأن الحركات التكتونية قد تحدث خلال عمل التسوية ويمكنها أن تستمر لمدة طويلة جداً . غير أنه مفهوم مريح بشرط أن نعرف أن له حدود وأنه يجب أحياناً تعقيد ما أوضحناه بالبدء وذلك بعزل بعض المعطيات . وهكذا سنفترض إذن ، وفي منطقة ما ، إن حركة سريعة قامت للتو بإنهاض التضريس بالنسبة لمستوى الأساس .

وبعد حركة تكتونية كهذه ، أي في أعقاب نهوض ، ستعمق الأنهار عند المصب لأن الانحدار قد ازداد بصورة فجائية ( شكل ١٢٩ ) وستصعد الموجة الحثية حسب أسلوب تراجعي وذلك على النهر الرئيسي وعلى الروافد ، وسيكون السرير عندها مجالاً لحث شديد وستتجاوب السفوح فوراً مع تعمق السرير ، إذ ستحدث فيها انزلاقات ، وستساقط انقاض الجروف الصخرية مما يجعل الصخر عارياً في بعض الأمكنة . وهكذا يتم العمل بسرعة نوعاً ما لأن قدرة

( ١١ ) أو levelling بالانكليزية .

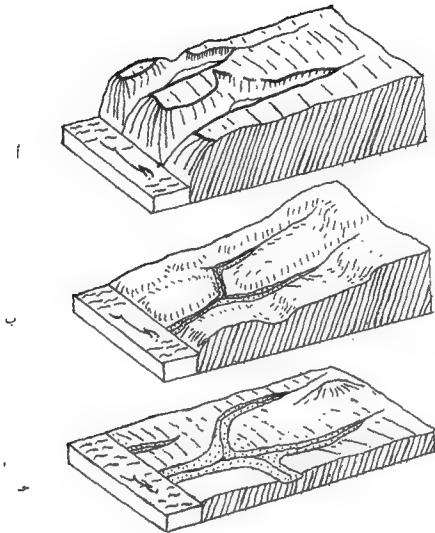
النهر الصافية تكون مرتفعة كما يكون الحفر عند أقدام السفوح شديداً . تلك هي مرحلة الشباب .

وهكذا ، وشيئاً فشيئاً ، يتقوّم مقطع النهر الطولاني ، ولن يحفر النهر إلا ببطء ، وسيطور مقطع السفوح ولكن ليس بطريق الانزلاق بل بالزحف البطيء ، ويكون نسق الحت الخطّي ونسق الحت الجسائي ( السطحي ) aréolaire متماثلين ، وتتناقص الانحدارات الاجمالية . ومع هذا لا يزال التضريس بعيداً جداً عن التسطّيح الكامل ، فالتضريس يتألف من عراقيب من مستويات مختلفة ( شكل ٢٩ ب ) ، وغدت الأودية الرئيسية العريضة حاوية على غطاء شبه مستمر من اللحقيات . وربما تكون قد حدثت عدة عمليات أسر كما أصبحت الشبكة المائية متسلسلة وربما وصلت للتسلسل في بداية الدورة . تلك هي مرحلة النضج .

أما المرحلة الأخيرة فتتيز بضعف بطيء يعترى الانحدارات سواء على المقاطع الطولانية للأفهار أو على الفواصل النهرية خاصة . وهكذا يقترب مستوى قمة العراقيب إذن من حيث الارتفاع من مستوى خطوط القاع دون أن يبلغه مطلقاً لأن انحدار السفح يجب أن يظل كافياً لتفريغ الأنقاض . وتحول المنطقة إلى زمرة من العراقيب الوطيئة والمغطاة برداء مستمر من أنقاض فساد الصخور وتفسخها كما تنصرف مياهها بواسطة أودية ذات قاع لحقي ، تلك هي مرحلة الهرم ( شكل ٢٩ ج ) .

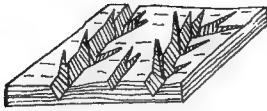
#### رابعاً - شبه السهل Pénéplaine

يتحول التضريس ، بعد زمن طويل جداً ، يتجاوز بضعة ملايين السنين ، على أغلب الاحتمالات ، وهذا بالنسبة للصخور المتوسطة المقاومة ، يتحول إلى سطح خال من تفاوتات الارتفاع الكبيرة ، ولكن بشرط ألا

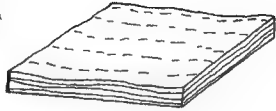


( شكل ٢٩ ) - المراحل الثلاث في دروة حتية . آ - شباب ، ب - نضج ، ج - هرم .

وتشير النقاط إلى اللحقات . والتل في شكل جـ إلى مونادونوك . ونلاحظ أن باستطاعة نهوض إجمالي العودة من جـ إلى مرحلة عاتلة لمرحلة آ وقد أهلكنا من عدد كل تطور ساحلي أو تحتالي .



الشباب



السطح المباني



الهرم



النضج

( شكل ٣٠ ) - المراحل الثلاث في الدورة الحتية

يحدث أي طارئ يعرقل تطور الدورة الحتية ، كحركة نهوض ناجمة عن انكسار أو عن هبوط مستوى البحر ، فنقول عندها أن التضريس وصل إلى مرحلة شبه السهل كهضبة نجد الوسطى جنوبي جبل شمر وغربي جبل طويق .

فشبه السهل عبارة عن مجموعة من خطوط قاع ومن فواصل نهرية . ويجب أن تحتوي هذه الأشكال ، وذلك على الأقل تحت مناخ معتدل ، على انحدارات لا تزال محسوسة ، أي على انحدارات حذية تظل معها عوامل تكييف السفوح ناشطة مثل الزحف creep والسيلان المنبث diffus . غير أن خطوط القاع يمكنها أن تتصف بطبوغرافية مستوية قدر المستطاع لأنها مشغولة بغطاء من اللحقيات ، لكن انحداراتها الطولانية لا تكون معدومة إذ لا تزال هناك بالفعل بعض الحولة التي يجب تفريغها .

هذا ولا يستطيع الحت أن يؤدي إلى تسوية كاملة ، وذلك على الأقل

تحت مناخ معتدل ، ولا يمكن تصور تحقيق سهل حَتَّى صحيح إلا تحت مناخ مداري ، والأشكال الطبوغرافية الحَتَّية المساواة بصورة كاملة التي يمكن العثور عليها سليمة تحت مناخ معتدل هي بقايا من عصر كان يسود فيه هناك مناخ مداري .

وقد تحتوي أشباه السهول أحياناً على تضاريس محسوسة متبقية . ويطلق على مثل هذه التضاريس اسم **مونادنوك** Monadnocks نسبة إلى اسم إحداها ، وهي قة صغيرة في ولاية انكلترا الجديدة ، في الولايات المتحدة ( شكل ٢١ جـ رنكل ٢٠ ) . وهي عبارة عن تلال وطيئة تتصل تدريجياً عند قاعدتها مع السطح العام لشبه السهل ونجد العديد منها على الطريق الواصل بين مكة والرياض حيث لا يزيد ارتفاعها عن بضعة أمتار . وتنتج إما عن قساوة فريدة في الصخر الذي تتشكل منه ، فنقول أنها مونادنوك المقاومة ، أو عن بعدها بالنسبة للوديان الرئيسية ، وعن موقعها فوق خطوط تقسيم المياه فنسمى مونادنوك الموضع . وسرى أن السهل الحقي المداري يحتوي أيضاً على تضاريس ذات سفوح شديدة لا تتواصل مع سطح شبه السهل ، بل تنهض فجأة فوقه ، وتسمى **اينسلبرغ** inselbergs<sup>(١٧)</sup> . ويغلب على الظن أن الكثير من أشكال المونادنوك الحالية هي عبارة عن أشكال اينسلبرغ قديمة ، وهي بقايا من عصر تكيفت فيه تضاريس البلاد المعتدلة اليوم تحت مناخ مداري ، ولكنها عبارة عن اينسلبرغ تلطفت سفوحها ، منذ ذلك الحين ، تحت مناخ أقل حرارة .

هذا ولا توجد أشباه سهول ذات علاقة مباشرة بمستوى الأساس الحالي ، لأن مستوى الأساس الحالي قد تثبت في عصر حديث جداً في حين أن نشوء

---

( ١٢ ) انظر الفصل السابع في الجزء الثاني ، وكلية اينسلبرغ المائية تعني جزيرة جبلية .

شبه سهل يستدعي زمناً طويلاً جداً . فأشباه السهول التي تلاحظ اليوم في الكتل الجبلية القديمة من اوربا الوسطى يعود عمرها للدور الأول أو للدور الثاني أو لمطلع الدور الثالث . وقد أنهضت أشباه السهول المذكورة بحركات تكتونية تعود لآخر الدور الثالث ، حركات جعلتها تتعرض للحت من جديد أي للتصايي ، وتعرضت كذلك لتحزيز جديد بواسطة أودية متعمقة تعمل على تهديم تضريس شبه السهل . وهكذا يمكن تفسير السطوح الحتية في الكتلة المركزية الفرنسية ، وفي الكتلة الشيسية الريمانية في المانيا الغربية والتي تشرف من ارتفاعات تبلغ ١٠٠ أو ٢٠٠ م وحتى ٥٠٠ م على الخنادق التي تحزرها .

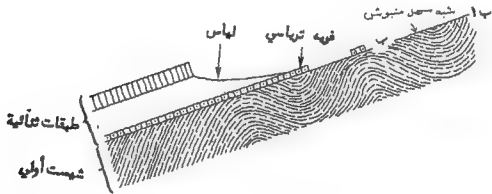
كما يمكن اعتبار المنطقة الغربية من بلاد نجد شبه سهل سواه الحت في مطلع الدور الأول ، وفي أواخره تغطى شبه السهل المذكور بمصباء وبرمال تصلبت تدعى صخور الخرسان النوبي في مصر أو تكوينات الساق وتبوك والوجد في شبه جزيرة العرب ، وهي التي نجدها في البتراء في الاردن وقرب مدينة خميس شيط في بلاد عسير وفي منطقة معابد أبي سمبل في صعيد مصر .

هذا ولا يجوز النظر إلى ارتفاعات أشباه السهول الاوربية التي تبلغ بضع مئات من الأمتار على أنها بقية من ارتفاعات كانت تبلغ بضع آلاف الأمتار في السلسلة الهرسينية ، بل أن تطورها جعلها تمر بمرحلة تسوية شبه كلية كانت الارتفاعات خلالها لا تتجاوز بضع أمتار أو بضع عشرات الأمتار ، ثم مرت بمرحلة تعلية كتلية منحتها ارتفاعها الحالي ، أي بمرحلة التصايي أو تجدد الشباب .

وبما أن هناك أجزاء من أشباه السهول هي عبارة عن سطوح حتية قديمة ، فكيف يمكن تأريخ تشكلها ؟ وهنا يجب على الباحث الجيومورفولوجي أن يلعب دور الشرطي السري وأن يبحث عن الدلائل

المنقعة ! فشه سهل يبتز tranche طبقات التوت بواسطة حركات هرسينية حدثت في آخر الدور الأول والذي تغطى بطبقات غريه grès ( خرسان ) توضع في مطلع الدور الثاني ، هو بالطبع عبارة عن شبه سهل تال لحركات آخر الدور الأول وسابق لتوضعات الغرية التي جعلته مستحاثاً في مطلع الدور الثاني ( شكل ٢١ ) .

إذن يعود عمر شبه السهل هذا إلى الفترة الواقعة بين الدور الأول والدور الثاني . إذن هو شبه سهل بعد هرسيني وقبل ترياسي ، لأن طبقات الترياس تمثل طليعة رسوبات الدور الثاني . وهناك وسائل أخرى لتأريخ عمر شبه سهل ما ، ولكنها أبحاث عسيرة لا نستطيع التعرض إليها في هذا المجال الذي يتطلب الإيجاز .



( شكل ٢١ ) - تأريخ شبه سهل .

إن سطح ب ب هو عبارة عن شبه سهل تال للالتواء الهرسيني الذي لوى طبقات الدور الأول الأقدم منه عمراً . وهو سطح سابق لبداية الدور الثاني ، لأن صخور الترياس غطته . لاحظ أن شبه السهل المذكور قد استباح fossilized أو أصبح أحفورياً برسوبات ثنائية ثم أصبح جامعاً مع غطاءه ، أي مائلاً من طرف واحد ، ولاحظ أيضاً أن الحث الذي كشف عنه غطاءه ابتداء من الأعالي في البين قد نبشه جزئياً . إذن إنه شبه سهل مستحاث في طريقه إلى النباش . وهذه الحالة المثلة تماثل تقريباً وضع منطقة المورفان الشالية في فرنسا بجوار بلدة أنالون ، والقسم الواقع غربي جبال الخف مباشرة في هضبة نجد كنطقة الرس غرب عنيزة وبريدة .

## الفصل الخامس

### تعاقب الدورات الحتية

مقدمة : تحتوي غالبية الأشكال الطبوغرافية على تضريس عديد الدورات ، ولقد تكيفت بواسطة زمرة متعاقبة من الدورات الحتية .

أولاً - بعض الأمثلة عن تطور عام .

لنأخذ مثلاً : لنفترض أن منطقة تسوّت حتى أصبحت عبارة عن شبه سهل . فالأنهار تجري فيها ببطء وهدوء ، وتكاد لا تحفر أو تتعمق ، كما لا تكاد توضع ما يستحق الذكر . ولنفترض أن حركات تكتونية أنهضت مجموع المنطقة . فعند النقطة التي يلتقي فيها شبه السهل مع البحر فإن النهر ، الذي كان مصبه متصلاً بمستوى الأساس ، سيجد نفسه معلقاً وسيصب في البحر على شكل شلال أو على الأقل على شكل جنادل *rapides* . ونظراً لقوة الحت الناجم عن سرعة الماء المنهمر فسرعان ما يتشكل خانق يأخذ في التمدد باتجاه العالية بفعل الحت التراجعي .

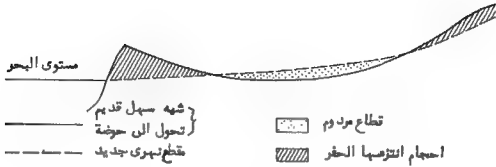
وفي الحقيقة ، فإن حركة تعلية شبه السهل لن تكون بمثل هذه الفجائية التي يفترضها المثال الذي ذكرنا ، بل سيتم حفر الخانق بصورة منسجمة مع النهوض دون أن يتشكل شلال فعلاً . ولكن هذا الاختلاف لا يقلل من قيمة هذا العرض .



هذا ويكون جريان النهر سريعاً في الخائق الذي يعمل النهر على حفره ، كما يحوي هذا النهر على كل صفات الشباب . ولكن إذا أعقب حركات التعلية الفجائية هدوء تكتوني متطاوّل الأمد ، فيكون لدى النهر الوقت اللازم للاقتراب من مقطعه الاتزاني ، وعندها يصبح انحدار سفوح الوادي الرئيسي لطيفاً ، كما تحفر الأنهار الرافدة بواسطة الحت التراجعي وتتطور لتحقيق مقاطعها الاتزانة ، كما تصبح سفوحها مدورة الزوايا ويحدث نفس الشيء على الروافد الثانوية sous-affluents وفي كل المنطقة . وهكذا يحل شبه سهل جديد أخيراً مكان شبه السهل القديم ( شكل ٢١ ) .

ولكن ما دام عمل الموجة الحتية الجديدة لم يبلغ بعد درجة متقدمة في التطور ، فستظل في المنطقة رقع عريضة من شبه السهل القديم ( شكل ٢١ - أ ) . ويكون الشكل الحديث ، الذي انطلق تكوينه ابتداء من السافلة ، يكون بمجموعه مترصعاً emboîtée في ما تبقى من شبه السهل القديم . وهكذا تحوي المنطقة على تضريس ثنائي الدورة bicyclique . ونيز على المقطع الطولاني للنهر ، وربما على روافده ، نيز انقطاعاً في الانحدار ( الميل ) أو انكساراً في المقطع الطولاني للنهر يشهد على المكان الذي وصلت إليه موجة الحت التراجعي الجديدة في أثناء صعودها .

مثالاً عن تطور آخر - نفترض أن شبه سهل تعرض للتشوه على شكل حوضه بعد أن كان مثالياً أقرب للاستواء والتسطيح ( شكل ٢٢ ) . ففي الجزء الواقع في العالية ، يزداد انحدار النهر الرئيسي ، ويأخذ في الحفر كما في حالة المثال الأول ويمنح إلى تشكيل خانق ثم تضريس ناضج يتطور إلى شبه سهل . ولكن النهر أثناء حفره سيصبح مشحوناً بالأنقاض التي اقتلعها . غير أن انحداره يتضاءل في جزئه الأوسط لدرجة يمنح معها ميل عكسي للظهور



( شكل ٢٢ ) رد فعل المقطع النهري في حالة تشوّه على شكل حوضه

( الارتفاعات مبالغة بشدة )

في جزئه السفلي . وإذا كان ارتفاع حواف الحوضه مزانماً لتشكّلها فإن بحيرة ستتشكل . والحقيقة لن يكون لدى البحيرة الوقت الكافي لتشكّلها لأن النهر ، الذي تضاءلت قوته بفعل تغير الانحدار ، سيأخذ في الاطماء ، وبتنضيق الأنقاض التي انتزعها من العالية ، وسيجنح نحو استرداد مقطعه الاتزاني بتعليه انحداره المتقعر بفضل الاطماء . وهكذا سنرى أن شبه السهل قد تخرب في عاليته بفعل الحث مثلاً استحات ( أو أصبح حفرياً fossilisée ) في السافلة تحت الردم الجديد .

مثال ثالث : لنتصور وجود شبه سهل . فالأنهار تجري فيه ضمن مقاطع اتزانها . فإذا أصبح المناخ فجأة أكثر رطوبة والغطاء النباتي كثيفاً ، بحيث يحمي الأرض ، مما لا يسمح إلا للقليل من الأنقاض بالانقلاص من السفوح ، فإن صبيب النهر سيزداد ، وبالتالي ستزداد قدرته أيضاً . غير أن حولته لا تزداد بنفس النسبة ، لأن السفوح لا تقدم سوى القليل من الأنقاض ، أي سيكون لدى النهر قدرة صافية كبيرة أكثر فأكثر مما يسمح له بالحفر . وهكذا يستطيع تبدل بسيط في المناخ أن يغيّر في العلاقة « حولة - صبيب » ، دون أن تكون هناك حركة تكتونية ، مما سيؤدي إلى حفر . ويمكننا أن نتصور



الأساس بين ١٠٠٠٠ سنة و ٥٠٠٠ سنة قبل الميلاد عندما راح المناخ يتسخّن بعد آخر زحف جمودي ، والمعروفة تحت اسم الطغيان الفلاندري ، أي تقدم البحر الذي كان واضحاً جداً في منطقة الفلاندر وإن كان شاملاً لكل سواحل البحار .

وتبين لنا الأمثلة الأربعة الآتفة الذكر أن الأسباب التي يمكنها أن تعكّر صفو مسيرة الدورة الحثية قد تكون عديدة .

### ثانياً - المصاطب اللحقية

تعتبر فترات الحفر والاطماء ، في الحالة الخاصة لواد ما ، مسؤولة عن تشكل المصاطب اللحقية . ولنفترض الآن أننا نقف أمام واد لحقي : فإذا حدث انخفاض في مستوى الأساس ، ناجم إما عن نهوض المنطقة أو عن انخفاض ناجم عن حركة مستوى البحر ، فإن هذا سيؤدي إلى تعمق النهر في اللحقيات وحتى قد يتجاوز ذلك إلى الأساس الصخري ، وبذلك يصبح القاع اللحقي مشرفاً من على فوق خط القاع الجديد : فتتشكل مصطبة terrace ، ويمكننا مشاهدة التطور نفسه إذا جنح المناخ نحو الرطوبة مما يمنح النهر قدرة صافية أكبر من السابقة .

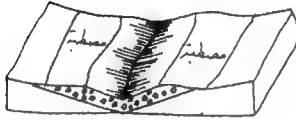
ويمكن متابعة مراحل تشكل المصاطب النهرية حسب التطور في النماذج الثلاثة من الشكل التالي ( ٢٤ ) .

وتحوي المصطبة اللحقية على قمة منبسطة ، وهي شاهدة على سرير الفيضان ، وعلى حافة شبه قائمة وعرة ( شكل ٢٥ ) .

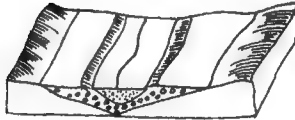
هذا وتكون سماكة اللحقيات في مصطبة ما متفاوتة في مقدارها . ففي بعض الحالات يتوضع غشاء لحقي رقيق في داخل غشاء لحقي سميك . وهذه



أ - النهر يتجول فوق سهل اللحقي

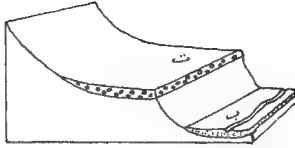


ب - النهر يتعمق في سهل اللحقي نتيجة هبوط مستوى الأساس



ج - النهر يصنع سهلاً لحقياً ثانياً مرصعاً ضمن المصبطة

( شكل ٢٤ )



( شكل ٢٥ ) - مصطبة لحقية ( ت ) وسهل لحقي حالي أو زور ( ب )  
والسهل اللحقي هو سرير الفيضان ( السرير الأعظم ) الحالي .



( شكل ٢٦ ) - نموذجان عن وضع الأغشية اللحقية التي تشكل المصاطب  
أ - تطبيق بسيط ، ب - ترصيع ، ويشير الخطان البيانيان إلى اتجاه تبدلات مستوى النهر .

الترصيعات emboitement أو التعشيقات هي التي تسمح بالتعرف على تاريخ عمليات الحفر وعمليات الاطماء المتعاقبة على نهر ما ( شكل ٢٦ ) . وهكذا تقع أحياء أبي رمانة والمالكي والبرامكة فوق ضفتي مصطبة نهر بردى أو فوق ت في شكل ٢٥ بينما يقع حي المرجة وسوق الخجا والقلعة والمتحف والتكية السليمانية فوق الزور أو فوق ب في الشكل المذكور .

ولتوضيح هذا التأريخ يجب على الجيومورفولوجي أن يكون بحاثاً هنا أيضاً ، إذ ليس عليه أن يكتفي بملاحظة تنضيدات اللحيات وترصعاتها فحسب بل عليه أيضاً أن يدرس كل غشاء لحقي بذاته . فالغشاء اللحقي يتألف من حصباء متفاوتة في أحجامها ، وفي استدارتها ، مثلاً يتم تعريفها بتركيبها الليتولوجي الذي يستطيع أن يخبرنا عن مناخ العصر الذي توضع

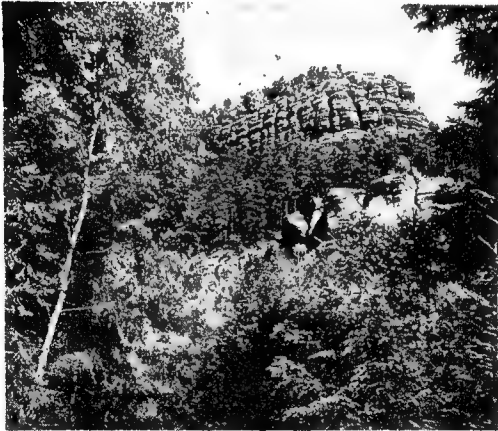
فيه مثلاً يدلنا تركيبها الجيولوجي عن مصدرها ، وعليه فإن الصخور الكلسية الأكثر حساسية بالانحجاد تكون كثيرة بشكل خاص على شكل حصباء في اللحقيات الدائنة للفترات الباردة لأنها اقتلعت حينذاك من جدران صخرية متجمدة gélives

هذه الطرائق في الدراسة تسمح بتجنب الخطأ الذي ارتكب في ١٩٢٠ .

وفي الواقع قال كل من العالمين اللواء لاموت وش . ديرييه أن من الممكن تأريخ لحقيات مصطبة ما استناداً إلى ارتفاعها النسبي فوق خط القاع . وهذا يفترض أن الأغشية اللحقية المتعاقبة كان لها الانحدار نفسه ، وأن المناخ معها تغير ، فإن العلاقة بين « الحمولة - الصبيب » في النهر ظلت ثابتة . وهذا الزعم ليس بصحيح . ففي الدور الرابع كان لكل سهل فيضاني جديد انحدار متعلق بالمناخ ، ونظراً لتعاقب الفترات الجمودية والفترات الدفئية فإن هناك احتمالات قوية كي يقوم النهر ذاته بالحفر والاطباء بصورة متعاقبة مع مقاطع طولانية متقاطعة أو متباعدة منفرجة divergeants فليس إذن لارتفاع المصاطب النسبي أكثر من دلالة تهيديّة . فلا يكفي أبداً لتعريفنا بتأريخ عمليات الاطباء وعمليات الحفر .

وسنعرف أن عمليات الحفر التي يقوم بها النهر في سريه تكون أكثر سرعة من تطورات السفوح . وينتج عن ذلك أن فترة تقدر ببضعة آلاف السنين تعتبر كافية لتشكيل مصاطب بواسطة ظاهري الاطباء والحفر . ولكن لكي يحل شبه سهل ، في مكان شبه سهل آخر ، وذلك على كل مساحته ، فيلزم لذلك مدة أطول بكثير ، أو حوالي ٢٠ مليون سنة على الأقل . إذن لا داعي للدهشة من أن أشباه السهول التي يدرسها العالم الجيومورفولوجي تؤرخ عادة بالزمن الأول ، والثاني أو الثالث وإن المصاطب تؤلف جزءاً من تطور الزمن الرابع .

والأهمية التي منحناها قبل قليل للمناخ تدل على أن نظريات ديفيس ليست أكثر من ترسيمة Schema أو مخطط أولي ، مقبولة ولكنها نظرية ، تحتاج لأن تستند على الواقع . كما يجب علينا أن نأخذ بعين الاعتبار في الدراسات الجيومورفولوجية أن الحركات الأرضية ليست سريعة كما افترضها ديفيس ، ولا سيما وأنه يجب تكميل المفهوم المجرد للدورة الحتية وشبه السهل بدراسة سلوك التضاريس حسب البنية وحسب نماذج المناخ والنبات . هذه الإضافات ستكون هدف الجزء الثاني والجزء الثالث من هذا الكتاب .



صورة رقم ٤ - التضاريس البنيوي : جرف « غريه » أي من حجر رملي في الجبال الساكونية التشيكية . مسافات أفقية . وفصمات عمودية .



## الجزء الثاني

### الجغرافيا البنيوية

#### الفصل الأول

المقدمة : تشتمل الجغرافيا البنيوية ، كما رأينا ، على دراسة طبيعة المواد الصخرية ( الليتولوجيا ) بالإضافة إلى ارتصافها ووضعها Disposition أي تكتونيتها . ومن المهم معرفة الصفات الأصلية للصخور واللجوء إلى تصنيفها في البداية من وجهة النظر المورفولوجية . ولكن من المناسب أن نستبق هذه الدراسة ببعض التعاريف .

#### الصخر ، الفلز minéral ، التربة

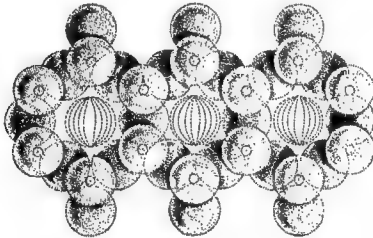
لا يمكننا تعريف عبارة صخر إلا بالنسبة لتعبيرين آخرين هما : الفلز ، والتربة .

١ - : الفلز هو قسم من مادة صلبة ، ذو تركيب معروف وثابت . وعليه فإن الكوارتز هو فلز . فله تركيب كياوي ثابت هو ثاني اوكسيد dioxyde السيليسيوم  $SiO_2$  . والفلدسبات التي هي عبارة عن سيليكات الالومين الكلسية ، والبوتاسية ، والصودية هي أيضاً عبارة عن فلزات minéraux وكذلك الامفيبول ، وهو سيليكات حديدية مغنيزية ، هو أيضاً فلز . وحتى لو وجدت عدة نوعيات من فلز معين ، كما هي في أكثر الجبال ، ولا سيما بالنسبة لأنواع الامفيبول والفلدسبات ، فإن لكل نوعية تركيبها الكياوي الجيد التحديد ، وهي عبارة عن تركيب كياوي وليس عن خليط .

ويمكن للفلز أن يتراعى في حالة متبلورة أو في حالة عديمة الشكل  
. amorphe

حالة التبلور : ترتصف الذرات على شكل شبكة حسب دورية  
periodicit  معينة ( شكل ٢٧ ) شَبَّهَتْ ، بصورة موفقة جداً ، بدورية الجنود في  
الاستعراض ، أو بدورية الرياضيين في الملعب . فكل ذرة يمكنها أن تتنقل ،  
ولكن حسب حدود يفرضها قانون الحفاظ على الشكل الإجمالي . فللكريستال  
( البلور الصخري ) إذن شكله الخاص ( مكعب ، موشور سداسي منتظم ،  
الخ ) وخصائصه الضوئية الخاصة به : فالنور لا يخترقه بنفس الطريقة في كل  
الاتجاهات .

وبالفعل فإنه هذه الخاصة هي التي تسمح بالتعرف على البلورات بدقة ،  
حتى المجهرية منها . وهكذا يؤخذ من العينة « شريحة رقيقة » أي مقطع ذو  
سمائة ضعيفة جداً ( ٢٥ ميكرون عادة ) كي يكون شفافاً ، ثم تدرس هذه  
العينة بالمجهر الاستقطابي ، أي باختراقها بنور لا يهتز إلا في مستو ، أو وحتى



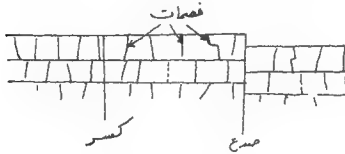
( شكل ٢٧ ) - نموذج عن البنية المتبلورة : ذرات مرتصفة على شكل شبكة . والفلز المثال هنا هو الامفيبول .

بنور لا يرتد إلى العين إلا بعد استفادته من الخصائص الضوئية للبلورات ،  
والذي كان سينضب كلياً لولا البلور .

حالة الاشكال : وهنا تتوضع الذرات دوناً نظام كالزوار في ساحة  
معرض . وينتقل النور هنا بصورة متائلة في كل الاتجاهات ولا يكون للفلز  
أي شكل خاص .

وهكذا ندرك كل الاختلاف بين الحالتين بمقارنة بلور الصخر ( سيليس في  
حالة تبلور ) مع الالوبال ( حجر عين الهر ) وهو سيلس عديم الشكل جزئياً .

٢ - أما الصخر فهو جزء ، لا على التعيين ، من القشرة الأرضية ، جزء  
يتصف بتجانس نسبي فقط . كما يشتمل على بضعة فلزات متجمعة ، على شكل  
متبلور أو عديم الشكل ، ويظهر كل فلز منها على شكله الأصلي أو مجزء إلى  
أناقض . مثال : الصخر الكلسي والگرانيت . وهكذا يتشكل الغرانيت من  
الكوارتز ، ومن الفلسبسبات ( في أكثر الأحيان من نوعين من الفلسبسبات )  
ومن الميكا السوداء . وقد يحتوي أيضاً على فلزات أخرى . ففي صخر غرانيت  
معين ذاته يختلف تجمع الفلزات ضمن بعض الحدود الضيقة ، مما يمنح الغرانيت  
المذكور تجانسه . ولكن هذا التجانس ليس ثابتاً بصورة مطلقة ، في حين أن  
لكل فلز تركيبه الثابت مهما كان التجمع .



( شكل ٢٨ ) - فحمات ، طبقات صخرية ، تكسرات تكتونية ( كسور وصدوع )

‘ هذا وتتنجز الصخور حسب فواصل تدعى **فصمات** *diaclasses* ( شكل ٢٨ )  
والتي لا يجوز لنا أن نخلطها مع التكسرات *cassures* التكتونية ( كالكسور  
*fractures* إذا لم يكن هناك تفاوت في مستوى شقي الكسر أو الصدوع *failles*  
المؤدية إلى خفس أحد طرفي الصدع ) ولا مع مستويات التطبق الفاصلة بين  
بعض الطبقات .

ويبدو أن الفصمات تنجم تارة عن شروط تبرد الكتل الاندفاعية ، وتدعى  
شقوق التراجع ، وتارة عن تراخي الضغط خلال الأزمت والجهود التكتونية ،  
وتارة أخرى عن شروط تصلب الرسوبات بعد توضعها .

وعلينا أن نتذكر أن كلمة صخر لا تعني جلمود *roc* ؛ أو بعبارة أخرى أن  
تسمية الصخر لا تعني قساوة فريدة . فالرمل والغضار هما من أنواع الصخور  
كالغرانيت تماماً .

٢ - أما التربة فهي نتيجة فساد الصخر سطحياً . وقد تكلمنا عنها في  
الفصل الأول من الجزء الأول ( ص ٢٣ ) .

وتخصص كلمة **مقطع** *coupe* لتعاقب الطبقات كما يظهر في خندق أو في  
منجم مكشوف محفور ، ويقال أن هذا المقطع يكشف مثلاً عن بضع طبقات  
أفقية . ونستعمل بالعربية كلمة جانبية أيضاً مقابل كلمة *profil* في علم التربة  
وذلك عندما تمر هذه الجانبية من عدة آفاق *horizons* ترابية . ويبدو أنه قد  
اسيء اختيار هاتين العبارتين الأجنبيةتين واللتين تقابلها كلمة **مقطع** العربية ،  
لأن كلمة مقطع تعني تعاقباً حسب نظام عمودي ، كتعاقب الصخور في خندق  
ولكننا لا نجد في التربة شيئاً يتمدد مع الأفق . ولكن هذا الخطأ الشائع قد بلغ  
درجة من الصلابة بحيث يتمسك به الناس دون أن يعترضوا على سماع عبارة  
« أفق عميق » في التربة .

هذا وللتربة عمق يختلف بين بضعة سنتيمترات وبين بضعة أمتار : ومن المؤلفون أن نجد ثخنانات تتراوح بين ٣٠ سم و ١,٥ م . ولكن قد يتلاشى عمق التربة تماماً ، مثلاً في الحالة التي يتمكن فيها السيلان من جرف كل التراب ، أو قد لا يتجاوز بضعة ميكرونات ، وذلك عندما يبدأ سطح الصخر بالفساد ، أي بقدر ما يكفي لتثبيت النباتات البدائية مثل الحزازيات lichens .

ويجب علينا تحاشي عبارة تضريس الأرض sol عندما نتكلم عن التضريس الأرضي terrestre مثلما علينا أن نتجنب عبارة بنية الأرض sol في معرض الكلام عن البنية الجيولوجية . ولا يمكن الكلام عن تضريس التربة إلا عندما نريد الإشارة إلى التشوشات التي تعتري التربة ذاتها أو التضرسات الصغيرة جداً التي تصيب التربة نفسها . وبالمقابل فإن بنية التربة sol ، تعني قوام texture التكوين الناجم عن التفسخ ، مثال ذلك التشنوزيوم ، وهي تربة سوداء في السهوب السوفياتية ، وذات بنية خشنة ، تكون موشورية أحياناً .

هذا ويقسم الجيولوجيون الصخور إلى :

- صخور رسوبية .
- صخور اندفاعية .
- صخور استحالية أو متبلورة تورقية .

وتستند الخرائط الجيولوجية ، ذات المقياس الكبير ، في رموزها indications ، وذلك ضمن كل من هذه المجموعات الثلاث ، تستند على أساس عمر الصخر أكثر من استنادها على طبيعته .

ويقسم التاريخ الجيولوجي إلى حقبة أو أدوار eres ، التي تقسم بدورها إلى منظومات أو أزمنة systèmes ، والتي تقسم بدورها إلى طوابق étages .

عمر الصخور ( اقرأ الجدول من الأسفل إلى الأعلى )

الدور الرابع	المنظومات	المدة ( ملايين السنين )	اللون الاصطلاحي للصخور الرسوبية
	هولوسين بليستوسين فيلافرانشي	٢,٣	لون صدا الحديد أو منقط
الثلاثي أو جيزوزويك	التيوجين } } بليوسين } ميوسين الايوجين } } اوليفوسين ( غوليقي ) } ايوسين	٦٥	أصفر
الثاني أو الميزوزويك	كريتاسي جوراسي لياسي ترياسي	١٤٠	أخضر أزرق أزرق غامق بنفسجي
الأول أو الباليوزويك	البرمي الكاربونيفير الديفوني سيلوري وأوردوفيسي كامبري	٣٥٠  ٤٥٠٠	رمادي غامق

ويرمز إلى الصخور البركانية بلون أحمر قان .

ويرمز إلى الصخور الاندفاعية بلون وردي غامق .

ويرمز إلى الصخور الاستحالية بلون وردي فاتح .

كما يمكن أيضاً تقدير عمر الصخر بصورة مطلقة ، أي بعدد السنين . وقد سمحت دراسة النشاط الإشعاعي radio-activité لدى بعض الفلزات بمثل هذا التقدير . فنسبة الكربون ذي الوزن الذري ١٤ ، في توضع ما ، تسمح بتقدير الأعمار التي تقل عن ٥٠٠٠٠ سنة أي أن هذا القياس مقبول فقط بالنسبة للحقبة الجيودينية الأخيرة وللفترة التي تلت الزحف الجيودي الأخير . هذا ولم يتعرف العلماء بعد على فلزات مشعة تسمح بتقدير أعمار تتراوح بين ٥٠٠٠ و ١٠٠٠٠٠ سنة . وبالنسبة للأعمار التي تتجاوز ١٠٠٠٠٠ سنة وحتى مئات الملايين من السنين ، أي بين الدور الرابع الأوسط حتى الدور الأول ، فإن غاز الارغون والبوتاسيوم (  $^{40}\text{K}$  ) يسمحان بمعرفة عمر الصخور التي تشكلت في وسط حار ، كحال اللابات والغرانيت. فقد وجد الجيولوجيون أن عمر غرانيت الطائف في المملكة العربية السعودية يبلغ ٦ مليارات سنة ، وليس بالنسبة للصخور المتشكلة في وسط بارد كالصخر الكلسي مثلاً . وهناك فلزات أخرى لمعرفة أعمار صخور الدور الأول وما قبل الكامبري .

ومن الصحيح القول بأن عمر الصخور هو مفهوم مفيد بالنسبة للمورفولوجي لكنه لا يلعب ، في أكثر الأحيان ، أكثر من دور دليل أو شاخص repère ، لأن معرفة طبيعة الصخر أكثر فائدة بكثير .

وعلى هذا الأساس يجب أن يأخذ تصنيفنا بعين الاعتبار الأشكال الطبوغرافية الناجمة عنها لأنه يختلف نوعاً ما عن التصنيف الذي تبناه الجيولوجيون .

ونحن كجغرافيين نهتم بالجيومورفولوجيا سنتكلم عن صخور رسوبية كما يقصدها الجيولوجيون ولكننا سنقيم تميزاً في داخل الصخور الاندفاعية . فبعض الصخور المذكورة تتألف كلياً من بلورات مرئية بصورة واضحة . وقد

تشكلت في أعماق الأرض تحت الضغط . تلك هي الصخور البلوتونية plutoniques<sup>(١٣)</sup> عند الجيولوجيين . وعلى عكس ذلك هناك صخور اندفاعية انبثقت على السطح مثل القنابل البركانية مثلاً أو مسكوبات اللابة . تلك هي إذن الصخور البركانية . وبما أن هذه الصخور الأخيرة تعطينا أشكالاً طبغرافية تختلف كثيراً عن أشكال الصخور الاندفاعية البلوتونية ، فإننا سندرسها على حدة .

ولكن نظراً إلى أن الصخور المتبلورة المتورقة cristallophylliennes تماثل ، من حيث احتوائها على بلورات ، الصخور البلوتونية ، فنضم الصخور البلوتونية إلى الصخور المتبلورة المتورقة تحت اسم الصخور المتبلورة . وهكذا يصبح تصنيفنا على الشكل التالي :

- الصخور الرسوبية .
- الصخور المتبلورة .
- الصخور البركانية .

---

( ١٣ ) نسبة إلى بلوتون وهو إله الجحيم عند اليونان .



## الفصل الثاني

### الصخور الرسوبية : I - الصخور الحبيبية

مقدمة : تعود الصخور الرسوبية لأصل خارجي ، فهي لم تصدر عن أعماق الأرض . وقد توضع فوق بعضها البعض ، كما نتجت كلياً أو جزئياً عن انتزاعها من صخور أخرى كانت تتعرض للنقل الذي سبق توضعها النهائي .

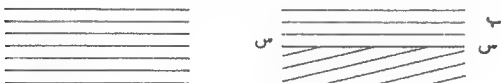
#### أولاً : بعض التعاريف :

يطلق اسم الصخور الحطامية على الصخور الرسوبية التي تنتج كلياً تقريباً عن تهديم صخور أخرى : كالصخور الرملية الناجمة عن تفتت الغرانيت . غير أن كل الصخور الرسوبية ليست حطامية . فبعضها عبارة عن صخور مشيدة construites بواسطة عضويات ، أو بفعل تفاعلات كياوية . تلك هي حالة الصخر الكلسي الذي قد لا يعود لأصل عضوي ، كالكلس المرجاني ، أو لأصل كياوي ، أي حجر كلسي متشكل مباشرة من الكلسيوم ومن غاز الفحم .

وتعود أكثرية الصخور الرسوبية لأصل تحتائي ، أي تحتبحري أو تحتبحيري وهي عبارة عن توضعات تشكلت فوق القيعان ، كذلك الوحول التي تسترق قاع بعض البحيرات . ولكن هناك صخوراً من أصل تحت هوائي subaérienne كتوضعات دلتات الأنهار التي تصب في سبخات صحراوية مثلاً كنهر تاريم ، صخور ندجها مع الصخور الرسوبية لأنها تنضوي تحت الشروط التي ذكرناها آنفاً .

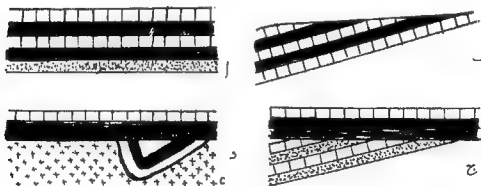
وما أن تتوضع الصخور الرسوبية حتى تتخذ شكل طبقات couches أو سافات strates تظهر في وضعها الأصلي غالبا بصورة شبه أفقية وأقدم سافين متنضدين فوق بعضها هو الذي يؤلف ركيزة لأحدثها . وإذا كانت السافات مائلة أو تشكل طيات ، فعنى ذلك أنها خضعت لجهد أدى لجنوحها basculement أو التوائها بعد توضعها . ونستعمل كلمة ميل طبقي pendage لتمييزها عن الميل pente الطبغرافي ، ويقصد به ميل الطبقات الرسوبية بالنسبة للوضع الأفقي وبحسب الدرجات .

وتظهر بعض التوضعات على شكل انكشافات منعزلة ، كالكتبان ، ومورينات الجلوديات ، واللحقيات . وهي توضعات سطحية غير متواصلة

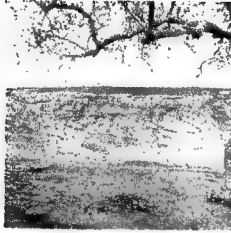


( شكل ٢٩ ) - التوافق الطبقي في أ . والتنافر في ب

س س : سطح التنافر . ويفصل بين زمرتين من الطبقات . فالزمرة الأولى تعرضت للجنوح وللمحت بشكل حاد كحافة السكين en biseau ثم تنطت بزمرة الطبقات العليا في أعقاب طغيان بحري



( شكل ٤٠ ) : التوافق ( في الأعلى أ ، ب ) وانعدام التوافق ( التنافر ) في الأسفل ج ، د



صورة رقم ٥ - التنافر بين الأوليوسين الأعلى وبين السينوني والأيوسين الأسفل قرب ميدانكي شمالي عفرين

يندر أن تكون مندمجة ضمن تكدسات صخور رسوبية أخرى . وهكذا سنعمد إلى تسميتها بالتوضعات السطحية . وعلى عكس ذلك سنطلق تسمية الصخور الرسوبية البحتة على تلك التي تظهر على شكل طبقات مستمرة نوعا ما .

١ - الزمر *séries* والسحن *faciès* : يقال أن هناك طبقتين متوافقتين عندما تكون الطبقة العليا راقدة مباشرة فوق سطح الطبقة السفلى ، دون أن تتخلل فترة من التخديد أو الالتواء بين توضع الطبقتين . ونطلق عبارة زمرة *séries* على مجموع الطبقات المتوافقة (شكل ١٢٩) .

وترقد طبقة رسوبية فوق أخرى بصورة متنافرة أو غير متوافقة عندما تظهر قاعدتها وكأنها تقاطع الطبقة السفلى ، أو بعبارة أخرى عندما تفصل مرحلة حت أو التواء بين توضع الطبقتين . وعلى العموم يتقاطع سطح التنافر مع بضع طبقات (شكل ٢٩ ب) .

أما التجاوز أو الطغيان *transgression* فيعني تقدم البحر الذي يقوم بتوضيع رسوبات بحرية فوق أساس *substratum* قاري .

ونستعمل عبارة *سحنة faciès* طبقة ما للإشارة إلى مظهرها الخاص .  
ويمكن استعمال هذه العبارة مع النظر إلى قيمتها التكوينية أو دون النظر إلى ذلك ، فنقول مثلا سحنة بحيرية ، أي أن الطبقة تشكلت في بحيرة ( معنى تكويني ) أو سحنة كلسية ، وهو معنى وصفي وليس تكوينيا .

هذا وليس للطبقة دوما نفس السحنة على كل امتدادها الذي تتكشف خلاله ، فقد يكون هناك انتقال جانبي من سحنة إلى أخرى .

واستنادا إلى أصل الترسيب يمكننا أن نميز صخورا ذات سحنة :

١ - قارية ( أو على الأصح تحت هوائية subaérien ) .

٢ - الماء العذب ( كالطوب مثلا ) أو بحيرية .

٣ - لاغونية : أي متوضعة في بحيرة ساحلية .

٤ - بحيرية : وقد يكون التوضع البحري :

- ساحليا néritique أي متوضعا بجوار الساحل ، في ماء ضحل ، ويكون عندئذ غنيا بالقوقع المستحاث أو الأحافير القوقعية .

- بحريا bathyal أي بين عمق ٢٠٠ إلى ٢٠٠٠ م .

- سحيقا abyssal أي في حفر بحرية عميقة تزيد عن ٢٠٠٠ م . ونميز من وجهة النظر إلى التشكل سحنا :

- *حطامية* وهي التي تنجم عن تخريب صخور أخرى وعن تركيب جديد لا أهمية له مثال ذلك : الرمال وصخور الغريه grès, sandstone .

- من أصل كيمائي ( كالانحلال ، والتفاعل الكيمائي ، الخ ) مثال ذلك بعض الصخور الكلسية .

- من أصل عضوي كأن يكون نباتيا ( الفحم الحجري ) أو حيوانيا ( أو zoogène ) مثال ذلك صخر الكلس المرجاني .

وبالواقع هناك مراحل انتقالية عديدة بين الصخور الحطامية والكمبوية والعضوية .

وقد سبق لبعض الصخور أن تعرضت لـ **لتحولات** بعد توضعها ، وخاصة للتصلب في البدء والذي يحول الراسب إلى صخر . ولكن قد تحدث تحولات كمبوية أكثر تظاهرية مثل تحول الصخر الكلسي إلى حجر الرحي meulière تحت تأثيرات مذيبة ( ماء المطر ، ماء معدني حار ، الخ ) .

**قساوة صخر ما :** يستدعي مفهوم القساوة بعض الإيضاحات . فالصخر يعتبر قاسيا إذا كانت الفلزات التي يتألف منها تتصف بقرينة قساوة مرتفعة . وهكذا يعتبر الرمل صخرا قاسيا لأن العنصر الرئيسي في تركيبه ، وهو الكوارتز ، هو فلز قاس<sup>(١٤)</sup> . ولكن من الواضح أن مقاومة صخر حسب المفهوم المورفولوجي ، أي مقاومته للحت ، لا تتعلق بتأخذ الحبات ، وبمقاومته للفساد . وبالفعل فإن صخرا معيناً يمكنه أن يقاوم ، عامل حت معين بشكل ناجح في حين يعجز أمام عامل حتمي آخر . وهكذا فإن الغرانيت يقاوم ، تحت مناخ حار ، تأثير الماء الجاري بصورة ناجحة ولكنه يستسلم للفساد الناجم عن عوامل التجوية الهوائية . وعليه يكون مفهوم الصخر القاسي نسبياً . وسنرى ذلك في الدراسة القادمة .

### مدلولات السحنة عن تطور التضريس الماضي :

من المعلوم أن سحنة صخر ما قد تمكن من أن نعرفنا على التضريس

---

( ١٤ ) تتراوح درجات القساوة في الفلزات بين ١ وهي درجة قساوة الطلاق أو ( البودرة ) و ١٠ وهي قساوة

الأناس ، وتكون درجة قساوة الكوارتز ( الرو ) ٧ درجات .

الواقع مباشرة في عالية منطقة التوضع . وفي الواقع تترسب في البحار الواقعة عند أقدام السلسلة الجبلية الالتوائية عناصر خشنة كتلك التي يرسبها في البحر المتوسط نهر مثل نهر الكبير الشمالي . وعلى العكس في مقابل سهل كسهل الدلتا في مصر لا ينقل نهر النيل إلى البحر الأبيض المتوسط سوى عناصر ناعمة قادرة على تشكيل غضاريات ، وفي أحسن الأحوال ، الرمال .

ولكن يجب أيضا عند دراسة السحنة أن نأخذ بعين الاعتبار المناخ والنبات السائدين في فترة توضع الصخر المعين . وفي الحقيقة إذا كان يسود خلف البحر الذي يتم فيه الترسيب مناخ استوائي أو معتدل ندي مع غطاء غابي يحمي الأرض ويؤدي لفساد كباوي أكثر من حت ميكانيكي ، فلا تصل للبحر عندها سوى غضاريات ناعمة . وعلى عكس ذلك لا يترسب بمحاذاة ساحل ذي مناخ رومي ( متوسطي ) ، أو قاحل ، وذي نبات نادر ، وفيضانات فجائية ، لا يترسب سوى الغرين ( اللبون ) والحصباء . ففي الحالة الأولى حيث تسود الغابات والفساد الكباوي الصرف والتوضع الناعم نقول نحن تجاه وضع الاستقرار الحيوي biostasie . وفي الحالة الثانية أي حيث الغطاء النباتي غير متواصل ، وحيث يقدم الحت أنقاضاً صخرية خشنة وغزيرة نقول بأننا تجاه وضع اختلال حيوي rhexistasie<sup>(١٥)</sup> .

## ٢ - التصنيف الجيومورفولوجي للصخور الرسوبية :

لا يصنف الجيومورفولوجيون الصخور الرسوبية بصورة مطابقة لتصنيف الجيولوجيين . وقد رأينا كيف يفصلون بين التوضعات السطحية كالكتبان

( ١٥ ) تعني كلمة biostasie مرحلة الاستقرار البيولوجي المرحلة التي يتحقق فيها تحت غطاء غابي فساد

الصخور وذهاب العناصر المعدنية الذوابة .

أما كلمة Rhexistasie فتدل انقطاع التوازن بتأثير أسباب مناخية وتكتونية أو بشرية وهي مرحلة glyptogenése

أي تكوين التقاطيع للمورفولوجية وتبدأ بضياع التربة والانقراض المتوضعة عليها خلال فترة الاستقرار البيولوجي .

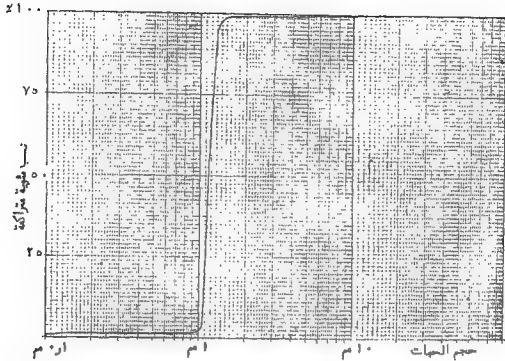
والمورينات الخ ... وبين الصخور الرسوبية الحفرة ، مثلما يميزون ، وذلك استنادا إلى التقاطيع المختلفة التي تعطيها الصخور ، بين الصخور ذات الحبات ، أو الحبيبية ، وبين الصخور المتجانسة المشيدة التي تعتبر الصخور الكلسية من أهم نماذجها . ونميز ضمن الصخور الحبيبية تلك التي تحوي على ملاط يربط بين الحبات ، كحالة صخر الغريه أي الحجر الرملي sandstone أو البودنغ عن تلك التي تتألف على العكس من حبات مستقلة غير مرتبطة ، كالغضار والرمل .

### ثانيا : الصخور ذات الحبات غير المتلاحمة بملاط

١ - التصنيف : عندما لا تكون الحبات متلاحمة ، تصنف الصخور حسب كبر هذه الحبات ، وذلك حسب قرينة تبدو فيزيائية بحتة . وهناك عدة تصنيفات استنادا إلى أبعاد الحبات . وإليك أكثر هذ التصنيف بساطة :

- حبات يزيد طولها عن ٢٠٠ مم : جلاميد blocs .
- حبات تتراوح بين ٢٠ و ٢٠٠ مم : حصاء galets أو حصويات .
- حبات تتراوح بين ٢ و ٢٠ مم : بحص gravier .
- حبات تتراوح بين ٠,٢ و ٢ مم : رمل خشن .
- حبات تتراوح بين ٢٠ ميكرون و ٢٠٠ ميكرون : رمل ناعم .
- حبات تتراوح بين ٢ ميكرون و ٢٠ ميكرون : ليمون ( غرين ) limon .
- حبات تقل عن ٢ ميكرون : غضار تؤدي أبعاده المتناهية في الصغر إلى تكوين محاليل غروية .

ومن المنتظر أن لا تكون جميع التكوينات الجيولوجية حسب عيار قياسي

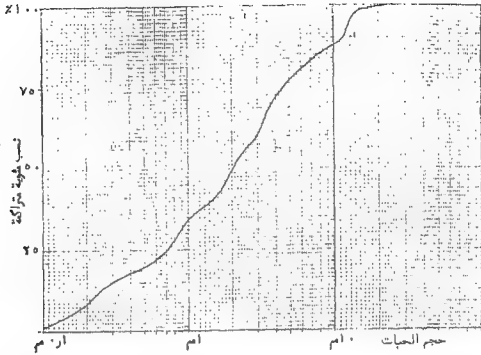


( شكل ٤١ ) - منحني قياس حبات في تكوين ذي عيار جيد أي متجانس الحبات .

واحد calibrés وغالبا ما نجد الصخر يحوي على عناصر ذات أبعاد متبدلة .  
ويطلق على دراسة أبعاد الحبات اسم الغرانولومتري أو قياس الحبات .  
ويمثل التركيب الغرانولومتري لتكوين جيولوجي ما بواسطة خط بياني . وفي  
أغلب الأحيان توضع مقاييس الحبات على محور السينات حسب تدرج  
لوغاريتمي أما على محور العينات فتمثل النسبة المئوية المتراكمة cumulés ، لكل  
مقياس taille حسب سلم حسابي .

ويدل الشكل ٤١ على تكوين صخري جيد التصنيف لأننا لا نجد فيه  
سوى القليل من الحبات التي تقل عن ١ مم والقليل من الحبات التي تزيد عن  
١,٥ مم لأن كل هذا الشكل الصخري يتألف من عناصر يتراوح معيارها بين  
هذين الحدين . وعلى خلاف ذلك يمثل الخط البياني في الشكل ٤٢ تشكيلا  
صخريا مؤلفا من حبات ذات مقاييس مختلفة فنقول أنها متباينة المقياس  
hétérométrique في حين كانت الحبات في الشكل ٤١ متجانسة المقياس



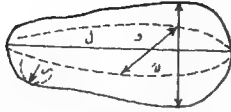


( شكل ٤٢ ) - منحنى قياس حبات في تكوين ذي عيار رديني أي متباين المقياس . إن ربع وزن الحبات في هذا التكوين له قياس يقل عن ٠.٧ مم ، والرابع الثاني بين ٠.٧ و ٢ مم ، والرابع الثالث بين ٢ و ٥ مم ، والرابع الأخير أكثر من ٥ مم .

homométrique . وعندها نكون تجاه تكوين مؤلف من حصي مندمجة في غرين Limons أو عبارة عن تكوين صخري تختلط فيه الرمال مع الغضاريات .

غير أن دراسة المقياس لا تكفي لتمييز صخر ذي حبات ، إذ يجب أن نأخذ أيضاً بعين الاعتبار التركيب الجيولوجي لهذه الحبات أي هل هي مؤلفة من حبات كوارتز أو من فتات صخر كلسي الخ ؟ كما أن علينا أن نتعرف على شكل ومظهر هذه الحبات وهو يسمى ملاحظة الشكل morphoscopie .

ومن اللازم أيضاً عندما نكون أمام رمل ، أو كوارتز ، أن نميز بين الحبات السليمة non usés التي لم تتعرض لانتقال طويل وبين الحبات المدورة



( شكل ٤٣ ) - قياس قرينة التدورة في بحصة ، فقد وضعت البحصة المقصودة بوضع منبسط بحيث يشير مستوى التثيل في الشكل إلى أكبر عرض وهو  $L$  ، ويرمز و إلى السماكة و  $L$  إلى الطول ، ور إلى أصغر نصف قطر في الانحناء .

émoussés البراقة أي التي خضعت لنقل طويل في الماء النهري والبحري ، وبين الحبات المدورة الكامدة mats وهي التي خضعت لانتقال ريحي كما أن الصدمات الناشئة à sec خلال الانتقال تركت عليها تكسرات عديدة ومجهرية نجمية مما يحول بين الحبة وبين اللعان .

وعندما نكون أمام حصباء أو حصويات فعلينا دراسة درجة تدورتها émoussé . فإذا كانت التدورة معدومة نقول إنها حصى ، وإذا كانت التدورة محسوسة نقول إنها بحصة . هذا وتقاس درجة تدورة البحصة بوضعها بحالة منبسطة ( شكل ٤٣ ) ونعبر عن هذا القياس بقرينة indice تمثل العلاقة بين قطر دائرة أصغر انحناء في البحصة المذكورة وبين أكبر محور فيها ، أو بين ضعف نصف قطر أصغر انحناء وبين أكبر محور في البحصة المقصودة وهذا لا يغير شيئا في النسبة :

$$Q = \frac{2r}{L}$$

هذا ويمكن تطبيق كل هذه الطرائق سواء بالنسبة للصخور الرسوبية الصرفة أو بالنسبة للتوضعات السطحية ، حتى يمكن تطبيقها ، كما يحدث عادة ، في دراسة قياس حبات التربة . ونلاحظ بالفعل أن التعابير الجيولوجية

التي تدل على الصخور ذات الحبات تستعمل أيضا بالنسبة للأنقاض الناجمة عن فساد صخر ما : وإذا كان هناك بالواقع غضاريات ورمال هي عبارة عن صخور رسوبية صرفة متوضعة على شكل زمر من السافات ، فإن البعض الآخر تكون ، على العكس ، ناجمة عن فساد كياوي محلي ( غضار خاصة ) أو عن تفكك ميكانيكي ( رمل خاصة ) . غير أننا لن ندرس هنا سوى الغضاريات أو الرمال التي تؤلف صخورا رسوبية بحثة .

٢ - الرمال : تتألف الرمال عموما من حبات الكوارتز لأن الكوارتز مقاوم وغير قابل للفساد فعلا ، ولأن الفساد قد انتزع العناصر الأخرى من حوله . ويعتبر الكوارتز مقاوما للغاية لأنه قاس ولكن لا يمكن اعتبار الرمل كصخر مقاوم لأن من الممكن جرف أية حبة بمعزل عن جارتها : أي أن الرمل هش ، لا سيما إذا كان جافا ، اللهم إلا إذا كان مندمجا في مادة غضارية أو عندما يكون متجمداً géliné .

هذا وتكون السفوح الرملية محدبة للغاية لأنها تكيّفت خاصة بفعل ظاهرة الزحف creeping ، غير أن الرمل يتكيف تحت المناخ الجاف أو على السواحل المحرومة من النبات ، على شكل كتبان ، كما سندرس ذلك في بحث الجيومورفولوجيا المناخية .

هذا ويعتبر الرمل منفذاً لأن الماء يتسرب بين الحبات . ولما كانت الفواصل بين الحبات ضئيلة ، فسرعان ما يصاب الرمل بالإشباع في حالة تساقط المطر على شكل وابل وعندها يشكل الماء في خطوط القاع جداول وقتية\* .

هذا وتستطيع المؤثرات الكياوية تحت بعض المناخات أن تساهم أيضا في جعل الرمل كتيما رغم نفاذيته الأصلية . ففي مناخ رطب وبارد نوعا ما الجيومورفولوجيا ( ٧ )

تشكل الرمال تربة متآخذة وهي البودزول كما في أواسط روسيا مما يزيد في شدة كتامة الرمال . كما تعتبر ترب منطقة اللاند في مقاطعة غاسكونيا ، وهي منطقة مستنقعية ، نوعا من تربة البودزول تسمى آليوس alios .

٣ - الغضاريات : وتكون على خلاف الرمال ، كثيفة جدا لأن الفراغات بين الحبات تكون أصغر ولا سيما وأن الماء والغضار يشكلان معجونة وذلك عندما يتغلغل الماء بين الوريقات المجهرية التي تؤلف ذرات الغضار . ويعاني ذلك من يمشي فوق أرض ذات تربة حمراء بعد الأمطار الشديدة . ولهذا نجد في المناطق الغضارية شبكة أودية نهرية كثيفة ومتشعبة للغاية .

ونظرا إلى أن الغضار يؤلف معجونة مع الماء فهو يتعرض للجريان التربة Solifluer ولكن لكي يتحقق ذلك يجب أن يكون تسرب الماء عميقا وهذا نادر بسبب الكتامة ذاتها . والواقع لا يجري الغضار فعلا إلا إذا تخللته سافات أكثر خشونة تشكل مستوى مائيا .

وعلى العموم يعمل الماء الذي يسيل فوق الغضار على تجزيه بسهولة . فهو يخدّد ravine المناطق الغضارية . وفي المناطق ، ذات الأمطار النادرة والعنيفة ، والفقيرة بالنباتات تتشكل مسيلات متشعبة ، ضيقة جدا ومتقاربة من بعضها بشدة ، ويصل عمقها إلى بضعة أمتار ، تنفصل عن بعضها بأعراف حادة نسبيا ، مما يمنح المنطقة مشهدا عسيرا أمام المشاة ويدعى الأرض الرديئة bad lands ، وقد استعير من اسم منطقة الأراضي الرديئة في ولاية داكوتا في الولايات المتحدة . أما على السفوح الشديدة فيعطي الغضار عدسات loupes الانزلاق التي تجعل السفح كله مغشى بالحديدات الصغيرة .

وبالفعل لا نرى ظاهرة الزحف هنا بشكلها النموذجي لأن الحبات تكون مترابطة فيما بينها .

أما فوق الأراضي المنبسطة إطلاقاً والعديمة الانحدار فإن الانزلاق يصبح أمراً مجهولاً شأن التخديد الذي يعجز عن إثبات وجوده . تلك هي حالة قيعان البحار الغضارية القديمة كبحر شامبلان في كندا . فبحر شامبلان الذي غطى الأجزاء المنخفضة في هذا القطر بعد آخر زحف جمودي قد تلاشى الآن ولكن غضارياته تشكل سهولاً فسيحة منسجمة . وتمائل غضاريات بحر شامبلان غضاريات أخرى من نفس العصر تدعى غضاريات يولديا Yoldia ( وهو اسم مستحاثية مميزة ) التي تشكل السهول الكبرى على حواف بحر البلطيك .

وعندما يتجفف الغضار يتشقق عمودياً وأفقياً حسب أشكال مضلعة . ولكن ما أن يهطل المطر بغزارة حتى يتبلل بالماء ويتشرب به حتى يحقّ



صورة رقم ٦ البادلاند في داكوتا . نشاهد في صدر الصورة السطح الأفقي البدائي الذي يقص فيه الحت تيهاً من المسيلات والأعراف غير المستقرة ويساعد على ذلك فقدان النبات .



( شكل ٤٤ )

لا بأس به مما يساعد على الانزلاق أو على التخديد إذا ساعد الانحدار على ذلك .

٤ - أما المارنيتات فهي غضاريات تحوي على نسبة متباينة من الكلس ، وعندما تكون فقيرة بمادة الكلس تتطور بصورة مائلة لتطور الغضاريات ، كما في الصورة رقم ٦ .

### ثالثا : الصخور ذات الحبات المتلاحمة :

تنقسم الصخور ذات الحبات المتلاحمة cimentés إلى مشبك conglomerat وإلى خرسان أو غريه . فالمشبك أو الكونغلوميرا عبارة عن مجموع متلاحم مؤلف من حبات كبيرة الأبعاد وشديدة التنوع تضم حصويات وحصباء وأحيانا جلاميد حقيقية . أما الغريه أو الخرسانة فيتألف من حبات رملية ذات تركيب غرانولومتري متجانس نسبيا ، ولكنها تكون دوما مترابطة بأسمنت ( ملاط ) .

ونميز ضمن صخور المشبك بين الكسارة ، أو البريش brèche التي تتصف بالطابع الزاوي المعهود في العناصر التي تتركب منها والتي تنجم عن ترسب الحطام الصخري المنهال أو عن ترسب الكسرات المتفككة بفعل الجهد التكتوني وتدعى البريش التكتوني ، وبين البودنغ poudingues ( شكل ٤٤ ، آ ) والتي تنجم عن تلاحم حصباء أو جلاميد من أصل لحقي كالجلاميد السيلية مثلا .

وتكون صخور المشبك والحرسان ( الغريه )<sup>(١٦)</sup> مقطعة على الغالب بفعل وجود الفصمات والتي يستغل الحت النطاقيات الضعيفة في الفصمات المذكورة فيقوم بتعريضها . وهكذا تنهال على شكل جدران عمودية لأن تأخذها بتعلق بدرجة تلاحمها ، فيبقى بين الفصمات التي تزداد عرضا ، خشوم متقدمة ذات مرتسم مشرشر festonné وتلاع buttes<sup>(١٧)</sup> . وتنهال من الجروف العمودية جلاميد برمتها مما يعطي مشهدا بديعا فوضويا تهين عليه أعمدة حقيقية .

وهناك مناطق واسعة مؤلفة من صخور الغريه لوحدها كهضاب البرازيل الواسعة ، وهضاب تاسيلي في الصحراء الكبرى وفي إفريقيا المدارية وفي وادي موسى جنوب غرب المملكة الأردنية وشمالى المملكة السعودية كما في مداين صالح وجبال الفوج الفرنسية وجنوبي مصر في إقليم النوبة ( الخ ) .

هذا وتتفاوت مقاومة صخور الغريه الرملية حسب طبيعة ملاطها ، أي الاسمنت الذي يربط بين حباتها ، وأشد هذه الصخور قساوة ومقاومة هي التي لا تكون حباتها سيليسية فحسب بل يكون ملاطها ذاته سيليسيا أيضا كصخور الكوارتزيت مثل حجر الجليخ الذي تستعمل بكراته في شحذ السكاكين . ولكن هذه الصخور الشديدة القساوة والقادرة على تشكيل أعراف حادة تكون على العموم عبارة عن صخور استحالية والتي سنتكلم عنها في الفصل الرابع .

---

( ١٦ ) الحجر الرمي ، وغريه، وغرسان بمعنى واحد وتقابل جميعا كلمة grès الفرنسية و handstone الانكليزية .

( ١٧ ) التلاع تعني التلال ذات القمم المنبسطة المستوية على خلاف التلال ذات القمم المنبورة غالبا .

## الفصل الثالث

### الصخور الرسوبية : II - الصخور الكلسية

**مقدمة :** وهي صخور متجانسة ولا تحوي على حبات منفصلة . وتنجم عنها تضاريس ذات أصالة متميزة كجبل الزاوية وجبل باريشا والأعلى في شمال غرب سورية وجبال الألب الدينارية في يوغوسلافيا ، وفي كوبا الخ . وتتألف من وديان ذات خنادق ، ومن منخفضات مغلقة دون جريان خارجي منظور ، ومن كهوف وأنهار باطنية تظهر في النهاية على شكل ينابيع ذات صبيب ضخم تدعى الانجاسات أو ينابيع فوكلوزية ، ومن تضريس ذي بروتات عالية مسننة ذات حواف عمودية ، وسوى ذلك من المظاهر والملاحم ذات الأصالة المميزة والتي تثير الدهشة والاستغراب .

هذا التضريس المستغرب هو التضريس الكارستي ، أي التضريس الناتج عن تفوق أسلوب الحت بفعل التحلل والذوبان . غير أن كل تضريس كلسي ليس كارستيا بالضرورة ، فلن يكون هناك تضريس كارستي إذا كان التحلل منعزلاً أو ملحقاً بأشكال حثية أخرى . وعلى العكس قد نمر على تضاريس كارستية في صخور غير كلسية ، كالصخور الملحية أو الجبسية مثلاً ، لأن التحلل يعمل فيها بشكل نشيط جداً ، بيد أن هذين النوعين من الصخور لا ينتشران كثيراً وعلى نطاق واسع على سطح الأرض .

#### أولاً : تركيب الصخور الكلسية وخصائصها .

الصخور الكلسية عبارة عن كربونات الكلس  $Co_3Ca$  المتفاوتة في درجة صفائها ونقاوتها . فتكون كربونات الكلس ذوابة في الماء المشحون بالحمض الكربوني . هذا وينفذ الماء بسهولة ضمن طبقات الصخور الكلسية لأنها متشققة *fissurées* أفقياً لوجود شقوق التجفف أو التراجع وأفقياً لوجود المستويات التطبقية . ولكن الصخر الكلسي لا يمكن اعتباره منفذاً على المقياس الصغير ، أي على مسافة بضعة أمتار حتى عشرات السنتيمترات مثلاً ، ودليل ذلك أننا نضع منه الأجران لشرب الماشية ، ولكن يكون الصخر المذكور



منفذا على مقياس كبير بسبب وجود هذه الشقوق المذكورة . ولهذا تتعرض المناطق الكلسية للحت بفعل التحلل ولا يبقى منها محليا سوى الشوائب غير القابلة للاخلال ، والتي لا تؤلف على العموم أكثر من جزء ضئيل من الصخر .

### ثانيا - الصخور الكلسية غير الكارستية

إن الصخور الكلسية غير الكارستية هي الغنية بالشوائب . وإليك بعض الأمثلة عنها :

فحجر الرحي meulière هو عبارة عن صخر كلسي سيليسي ينتج عن تحلل كربونات الكلسيوم وتوضع السيليس المنحل فورا فوق جدران تجاويف التحلل . وهو صخر كتيم ، لذا يعتبر الصخر الكلسي الوحيد الذي لا يسمح للماء بالنفوذ ، وهو شديد المقاومة ، بحيث يستطيع تشكيل هضاب ذات حافات قائمة كما هو الحال في جوار باريس .

أما الحوار فهو صخر شديد الانتشار بشكل خاص في بلاد الشام كما في هضاب حماه وشرقي حلب وحوض نهر اليرموك مثلما ينتشر في شمال غرب أوروبا بين حوض باريس وحوض لندن وحتى الجزر الدانمركية . وهو عبارة عن صخر كلسي ناعم الحبات ، مسامي ، خفيف ، سريع التفتت وينكس بسهولة تحت وطأة وزنه ، كما يكون مارنياً أحياناً مما يزيد في قابليته للانكسار . ويكون التضريس الحواري متنوعاً للغاية ، فبإمكانه أن يعطي ، عند تعرضه لنسف أمواج البحر ، جروفاً على شكل جدران هائلة أي على شكل رواشن تتراجع بسرعة ، لأنها طرية ، ولكنها على درجة من التماسك بحيث تنهال على شكل كتل عمودية ، كحال منطقة الروشة في بيروت ، أو كالساحل الجنوبي للجزيرة البريطانية المطل على بحر المانش .

أما في التضريس القاري فيعطي الحوار عراقيب croupes محدبة لأن اتقاضه صغيرة وزاوية تتعرض لظاهرة الزحف creeping وليس إلى السيلان . ونجد بين هذه العراقيب خطوط قاع هي في الواقع عبارة عن أودية جافة ينذر أن يجري الماء فيها وتكون على شكل المهدي . كما يعتبر الحوار حساسا جدا بالانحدار . ففي بعض المناطق مثل منطقة الشامبانيا الفقيرة في شرقي باريس أعطى الحوار ، خلال الفترات الباردة في الرباعي ، سفوحاً ضئيلة الانحدار ، وسطيا بين ٣ إلى ٤ درجات ، انتشرت فوقها أغشية من فتات زاوية الشكل مندجة جميعا ضمن الغضار .

أما الفليش flysch فهو عبارة عن تعاقب سافات كلسية مع سافات مارنية ، يبلغ سمك كل منها المتر الواحد ، أي يظهر على شكل تورق مارني كلبي ، وقد يكون خرسانيا أحيانا . ويظهر صخر الفليش على شكل تكدسات سمكة معاصرة لتشكل السلاسل الألبية وتكون في البحر الذي انبثقت منه الجبال المذكورة . وهكذا لا يعطينا الفليش تضاريس بنيوية بديدة لأنها تتهدم بسهولة ، كما لا يكون كارستيا لأن السافات المارنية التي تتخلله تعتبر كتية . ولذا تكون تضاريسه عبارة عن تلال عالية عديدة الشكل .

### ثالثا : الصخور الكلسية الكارستية .

تتألف الصخور الكلسية الكارستية ، أي تلك التي يتميز تضريسها بالتطور الذوباني ، من صخور كلسية نقية نسبيا أو من صخور دولوميتية ، أي من كربونات الكلسيوم والمغنيسيوم الثنائية .

ولصخور الدولومي تضريسها المتيز . واستنادا إلى نسبة فحات الكلسيوم

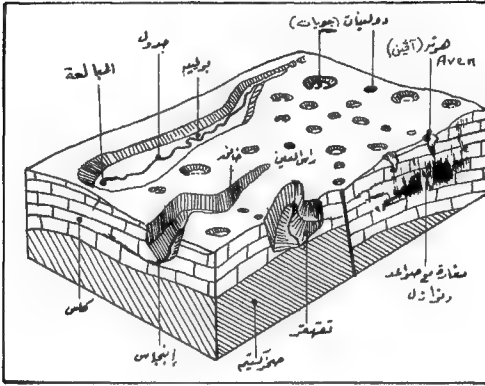
الذوابة وفحات المغنيسيوم غير القابلة للانحلال عليها ، فإن الذوبان يعمل بسرعة متفاوتة جداً على الصعيد المحلي ، مما يؤدي لنشوء أشكال خرابية كتلك التي نراها على السفوح الجنوبية من جبل الزاوية . وإذا كان الدولومي أقل استعدداً للذوبان ، نظرياً ، من الصخر الكلسي النقي لأنه يحتوي على فحات المغنيسيوم ، فهو مع ذلك أكثر عرضة للحت المائي لأنه مسامي للغاية .

وقد صدرت كلمة كارست karst من جذر لغوي قديم يعني حجر . وقد اطلقت على منطقة واقعة على طرفي الحدود اليوغوسلافية الإيطالية ومن ثم استعملها الجغرافيون في كل المناطق المماثلة .

وتكون المناطق الكارستية حجرية بشكل يلفت الأنظار لأن الصخر الكلسي لا يعطي قطعاً صغيرة تنفتت على السفوح على شكل غضاربات أو على شكل جلاميد ، وهكذا لا تتعرض السفوح لظاهرة الزحف كما لو كانت مؤلفة من حبات رملية . ولهذا تشتمل على جانبية profil زاوية مع جروف شاقولية تنفصل عن انحدارات لطيفة أو عن حدود الانهيار . وتكون الهضاب الكارستية عارية ، تندر فيها الأودية أو تنعدم ، ولكنها تحوي على منخفضات مغلقة ذات أشكال وأبعاد مختلفة . ويفسر هذا التضريس الذي لا نعر فيه على أي من علامات الحت النهري ، يفسر بالغياب الكلي تقريباً لكل جريان سطحي رغم أن المناخ يسمح ، نظراً لרטوبته الكافية ، بنشوء شبكة مائية نهريّة دائمة .

فهنا يتسأل الماء ضمن الصخر الكلسي ويتجول في الأعماق وهو يذيب الصخر داخلياً . أي أن كل شيء يجري كما لو كانت المنطقة تتجوف وتتخر بشكل سري مجهول وتتفرغ من محتواها وهي تذوب على نفسها .

## التضاريس الكارستية

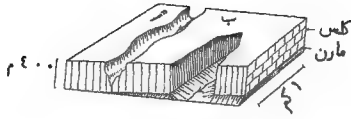


( شكل ٤٥ ) - هضبة تحمل مظاهر كارستية متنوعة

## آ - قائمة الأشكال الكارستية .

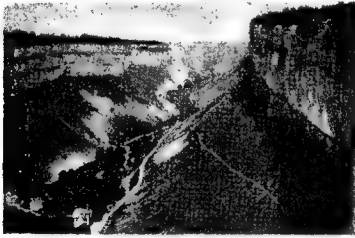
١ ) الخنادق canyon : وهو شكل مألوف كثيراً في المناطق الكارستية ويمثل مع ذلك جريانا مكشوفاً ( تحت الهواء ) وهو واد ذو خواصر منتصبة ، أو كأنه عبارة عن خندق شقة منشار بين الهضاب الكلسية ( شكل ٤٦ ) . ويمثل خائق الكولورادو ، وخائق العاصي شمالي جسر الشغور ، ونهر التارن في منطقة القوص causses الفرنسية ، وتمثل جميعاً أمثلة بديعة عن هذا الشكل المورفولوجي .

وتدل قساوة السفوح ونفاذيتها على أن معظم نشاط الحت إنما يتم في قاع



( شكل ٤٦ - خائق ( أ ) ودخلة ( ب ) )

في الشكل أ لا يدرك النهر الطبقة الكمية للمارنية السفلية فهو يعمل على تكييف خائق . أما النهر في ب فيجري فوق المارن ولذا يظهر الوادي عريضا لأن قاعدة السفحين تشتمل على الحيدار لطيف . لاحظ شكل الطريق المسدود . وهنا يختفي النبع الفوكالوزي خلف الجدار الكلسي الأيمن .



صورة رقم ٧ - وتتألف الجروف القائمة هنا من صخر كلسي في حين تتألف السفوح المائلة نحو خط القاع من صخر طري . ( الصورة من فرنسا ) . لاحظ تشابه الصورة مع الشكل ٤٦

السريع في حين أن الجوانب تتطور ببطء . وهكذا تظهر السفوح وكأنها تعاقب من جدران قائمة ، ومن شرفات ورواشن ومن حدورات أقل ميلا ، والجميع مرتصف حسب تناوب السافات الكلسية . أما الأنهار التي تجتاز المناطق الكارستية على شكل خوائق فهي أنهار غريبة allogènes ، أي تستمد ينابيعها من خارج نطاق الهضاب الكارستية ، أي من مناطق كتية ، أنهار تستطيع عند اختراقها المنطقة الكلسية أن تحتفظ بقسم من مياهها بفضل جريانها فوق قاع لحقي يخفف من وطأة الحسارة الناجمة عن التسرب ، كحال نهر التارن

الذي ينبع من سفح جبل ذي صخور متبلورة في اقليم لوزير Lozère ، أو نهر العاصي عند اختراقه سهل الغاب حتى سلقين .

ومن النادر أن تكون الخوانق ، بالأصل ، عبارة عن أنهار قديمة باطنية انهارت سقوفها كوادي الرمل في قسنطينة في الجزائر وحيث نجد جسراً طبيعياً ، بل على الغالب هي أنهار تعمقت في مكانها . هذا ولا ننشر على الخائق إلا إذا كان الصخر الكلسي الذي نشأ فوقه سميكاً لدرجة كافية كي يظهر هذا الصخر المذكور سواء في قاع الوادي أو على السفوح . وعلى خلاف ذلك إذا بلغ النهر في تعمقه طبقة كثية سفلى ، كالمارن مثلاً ، فإن تطور الوادي سيكون مغايراً تماماً ، ذلك إن الوادي سيزداد عرضاً ابتداء من قاعه لأن تطور السفوح بفعل السيلا ن يتم بسرعة فوق الصخر الكتي م ، مما يؤدي لظهور مقطع الوادي على شكل حرف U ، وتكون الأشكال الفضفاضة في القاع تحت هيئة جروف عمودية . أما من جهة العالية فينتهي الوادي عند نبع فوكلوزي أي عند تماس الطبقة الكثية مع الصخور الكلسية التي تعلوها . ولكن الوادي ينغلق فوق النبع الفوكلوزي بواسطة جرف كلسي . وهكذا نكون أمام واد مسدود ، مثل وادي اوتوار Autoire الواقع عند حافة هضبة كيرسي Quercy الفرنسية أو دخللة reculée ، كما في حافة هضبة الجورا المشرفة على وادي الساؤن saône حيث تسمى « نهاية العالم » ( شكل ٤٦ ب ) ووادي بانياس الداخل في هضبة الجولان .<sup>(١٨)</sup>

هذا ويستمر تقهقر رأس الوادي بصورة ناشطة بفعل النسف الناجم عن

---

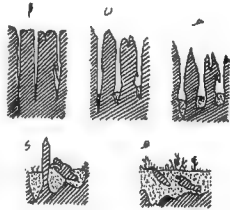
( ١٨ ) ونجد مثل هذه الأشكال أيضاً حيثما تنطفي صخور الغرية أو اللابات طبقة كثية ، كحال وادي تل شهاب المؤلف من سفوح عليا بازلتية قائمة فوق طبقات مارنية بيضاء كثية ، أي لانتحصر هذه الأشكال بالنطاق الكلسية فقط .

عمل النبع الفوكلوري . وهكذا تهاجم الدخلات الموائد الكارستية في حين تظل  
الخوانق شبه سليمة تقريبا .

٢ - الأشكال البنيوية : إذا كان الصخر الكلسي ملتويا ، كما هو الحال  
في سفوح جبل لبنان الغربي ، فهو يتعرض لهجمة الحت ، كما سندرس ذلك في  
معرض كلامنا عن التضريس الالتوائي . وعندها يولف تلاحا ذات قمم مائلة  
أو متقعرة gondolé يكون سطحها ذو المظهر الحجري متميزا ويتسرب الماء في  
كتلتها على شكل شبكة عميقة تمارس التحلل . وتسمح نفاذية الصخر ومقاومته  
لهذه التضاريس الكلسية ، المحفوفة بمجدران كبيرة قائمة ، بالصمود لمدة طويلة  
في وجه التهديم الحثي : تلك هي حالة هضاب فيركور Vercors المتوجة في  
جبال مقدمة الألب ، أو القمم العالية المنعزلة في منطقة غراند شارترورز التي  
تؤلف مثالا نموذجيا ( انظر بحث تضريس الطيات البسيطة . فصل ٧ ) ، وفي  
جبل صنين في جبل لبنان الغربي أو جبل حسيّة شرقي الزبداني .



صورة رقم ٨ - اللابيز في هضبة جبل سمان



( شكل ٤٧ ) - يرينا مراحل تطور الحفوش الكارستيه

٣ ) اللابيز lapiez وهي عبارة عن خدوش تعتري سطح الصخور الكلسية . وقد تكون مستورة بالتراب أو تظهر عارية . ففي الحالة الأولى ( أي اللابيز الكامن Virtual ) يجري حت الصخر بفضل الرطوبة والأحماض الدبالية في التربة ، وفي الحالة الثانية فإن ماء السيلا ن هو المسئول عن تآكل الصخر . وتكون الأشكال حينذاك غريبة مؤلفة من ميادين حجرية ومن قنوات عميقة الخ . وتبلغ ابعاد التجاويف وتضاريس اللابيز حوالي المتر أحياناً .

٤ ) الأفن Aven أو الهوتة : وهي عبارة عن هوتة على شكل محقن أو قع فتحته الواسعة باتجاه الأسفل ينفتح على سطح الهضبة . ويكون لبعضها شهرة محلية مثل أفن آرمان في هضبة ميجان الكلسية ، أو هوتة عنجارة جنوب غرب حلب ، أو تدعى خفساً مثل خفس المذنب في القصيم ، في نجد ، وخفس هيت ودغرة وعين الخرج إلى الشرق من مدينة الرياض ، أو هوتة باديراك في



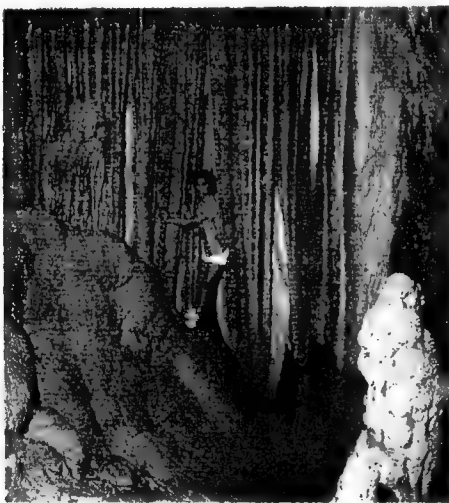
( شكل ٤٨ ) - نموذج لأفن .

لاحظ استغلال الحت الكارستي للشقوق وللصدع ويمتد غضار التأكس بقية التحلل ، فهو يتألف من شوائب ضمن الصخر الكلسي صدع . نوازل . صواعد . ميهلات وغضار التأكس .



قوص كيرسي في أواسط فرنسا . وتشكل الآفن ابتداء من شق سطحي يقوم التحلل بتعريضه كما تعمل الانفكاكات décollments والانهيالات على تعريضه أيضاً . وقد يتصادف الآفن عندئذ مع شقوق أخرى تزداد عرضاً بدورها ، مما يمنحه أبعاداً هامة ( شكل ٤٨ ) .

وتقود الآفن في بعض الحالات إلى مغارة يتولد من سقفها الكثير الشقوق نوازل مؤلفة من توضع الكلسيت الذي تشتمل عليه مياه التسرب ، في حين ترسب المياه المتساقطة من قبة المغارة الكلسيت فوق قاع المغارة ، ذلك



صورة رقم ٩ : السجف للتدلية في داخل مغارة جيميتا ، وشكل التريبط صاعدة إلى اليسار

الكلسيت الذي يشكل الصواعد . ويعود جمال هذه المغارات الكارستية وروعها إلى تنوع أشكال هذه المسلات الكلسيتية التي تظهر وكأنها قطع الكريستال المتدلية من الثريات ( النجف ) ، أو على شكل زهرة القرنبيط الخ وقد اكتشفت في عام ١٩٧٨ مغارة كارستية بديعة في قرية كفر بهم بجوار حماة .

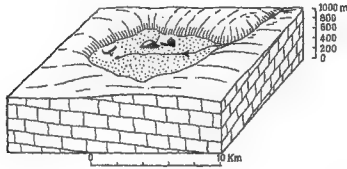
٥ ( الدولين 'doline وهي عبارة عن منخفض ذي شكل بيضوي ، ذي حواف متعرجة أحيانا ولكنها لا تكون زاوية (شكل ٤١) . وتكون حافة للدولين على الغالب ذات ميل شديد يتكشف الصخر فيه عاريا في حين تفرش التربة قاع المنخفض ، وهي التربة الزراعية ، التي تتألف غالباً من غضار التآكل décalcification ، أي البقية الباقية من الشوائب التي كان يشتمل عليها الصخر الكلسي قبل الذوبان ، ويميل لونها إلى الحمرة . وهكذا تعطي الدولين شكل سطل ، ولكن هناك الكثير من أنواع هذا النموذج الكلاسيكي فلبعض الدولينات شكلا انتقاليا بين شكل سطل وشكل قع . كما تكون أبعاد أو مقاييس الدولينات متباينة جداً ، إذ يتراوح قطرها بين بضعة أمتار وبضع مئات الأمتار ، مثلاً يختلف عمقها بين بضعة أمتار وأكثر من ٢٠٠م مثل دولين جبل الوسطاني في قرب جسر الشغور .

ويعود أصل الدولينات ، أو الجوبات ، كما يظن ، إلى وجود نقطة امتصاص لأن ماء المنخفض المغلق لا يمكن أن يجري بعد هطول المطر إلا باتجاه الأعماق . ولكن لماذا لا يتشكل عند نقطة الامتصاص آفن aven ، أي هوتة ؟ وتعتز الإجابة على هذا السؤال مشاكل عويصة .

٦ - الاوفالا ouvala : إذا كانت هناك عدد دولينات ناشطة ومتجاورة فإنها تعطي بعد تداخلها منخفضاً أكثر اتساعاً ذا حواف متعرجة تماثل إطاران وردة غير منتظم ، تدعى أوفالا (شكل ٤٢) .



( شكل ٤٩ ) - دولين ( إلى اليسار ) وأوفالا ( إلى اليمين )

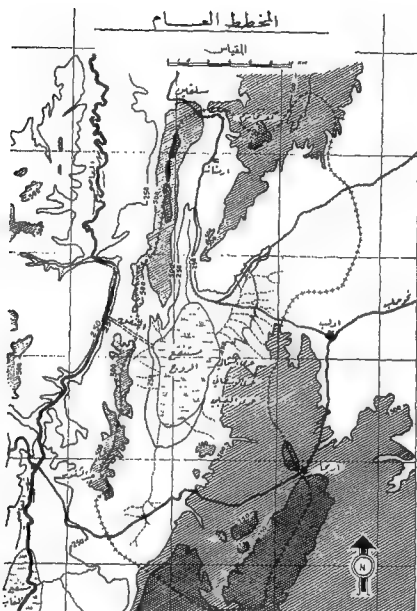


( شكل ٥٠ ) أ : بولييه

تمثل النقاط تربة الأرض الزراعية . ب، البالعة ، هـ : هوم ، ويشير السهمان إلى اتجاه جريان النهر وتدل الأرقام على سمك الطبقة الكلسية .

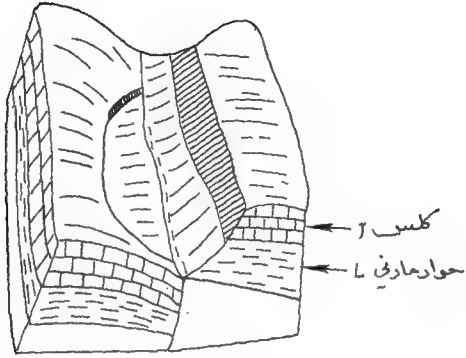
٧ - البولييه poljé - تعني كلمة بولييه ، في اللغات السلافية ، السهل بكل معنى الكلمة ، غير أن الجيومورفولوجيين يخصصون هذا الاسم لسهل كارستي مغلق ، يتراوح عرضه بين بضعة مئات الأمتار وبين بضعة كيلومترات ، في حين يتراوح طوله بين عدة كيلومترات وبضعة عشرات الكيلومترات ، والذي يتنافر من حيث انبساطه وأحيانا بزراعته الكثيفة مع الهضاب الكارستية الحجرية التي تطيف به (شكل ٥٠) ويمكننا أن نجد في سورية بعض البولييات ولعل أجمل نماذجها سهل الروج (شكل ٥١) بين جبل الزاوية وجبل الوسطاني وسهل سردين بين جبل باريشا والأعلا وسهل الزبداني في سلسلة لبنان الشرقية ، ولكن التحلل لعب هنا دوره بالتضافر مع التكتونيك في سبيل تشكل السهلين المذكورين ، أي هي بولييات تكتونية كارستية،

( شكل ٥٢ )



( شكل ٥١ ) - بولييه حتى تكتونية : حفرة الروح ، غرب جبل الزاوية

هذا ويكون لحافات البولييه انحدار شديد في حين يكون قاعها المنبسط مفروشا بتربة التآكل . وقد يخترق نهر ما أحيانا القاع المذكور ولكنه لا يستطيع الخروج منه إلا بشكل باطني بواسطة مغارة تدعى البالعة كما في



( شكل ٥٢ ) - نموذج عن بولييه تكتونية : بولييه مينده Mende في البلقان .

غربي سهل الروج ، وتدعى بونور Ponor في يوغسلافيا ، ولحفرة سهل سردين بالعة خاصة بها تقع في طرفها الشرقي قرب بلدة قرقنية .

هذا وقد تغص الصخور الكلسية بالماء في أعقاب الأمطار المتطاولة بحيث تتوقف البالعة عن امتصاص الماء ، وعندها يتعرض قاع البولييه للفيضان الموقت مثل حوض مفصلة لم يعد « سيفونها » يصرف الماء إلا نقطة فنقطة . وعندئذ تتصرف البالعة بصورة مقلوبة وكأنها نبع فوار .

كما يكون قاع البولييه أحيانا حاويا على تلاع صخرية تدعى هوم hums وتكثر في المناطق الكارستية في الأقطار الحارة الرطبة كما في جنوبي الصين وكوبا .

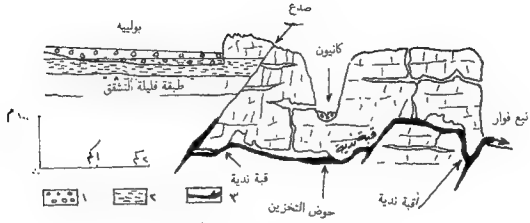
أما أصل البوليات فهو على غاية من التعقيد ويجب الرجوع إلى المطولات في الجيومورفولوجيا للتوسع في ذلك .

٨ ( الأودية الصغيرة الجافة - لا تحوي الهضاب الكارستية على منخفضات مغلقة كالدولينات والأوفالات والبوليات فحسب بل تحتوي أيضا على شبكات من أودية صغيرة تؤدي إما إلى خانق ( كانيون ) أو إلى بولييه وتكون هذه الأودية غالبا محرومة من المياه الجارية . ولا نجد فيها الماء الجاري إلا بعد زخات المطر السخية ، أي الوابل أو الديم . هذه الأودية الجافة التي رأينا أنها قد تتشكل في الصخور الحوارية ، يمكن تفسيرها بنسبة أمطار أعلى بكثير خلال الفترات المطيرة الرباعية إذ كان الجريان حينذاك أكثر استمرارا من العصر الحالي بل ربما كان شبه دائم .

ب : جريان الماء ضمن الكارست : يتم جريان الماء الداخلي في منطقة كلسية (شكل ٥٢) بين نقاط الامتصاص التي لا تحصى والمؤلفة من الشقوق والآفينات والبالعات حيث تغيب مياه الأنهار السطحية وبين العيون الفوكلوزية résurgences مثل عين الفيحة ونبع الهرمل وعيون عري على حافة سهل الروج وعين اشتريق جنوبي جسر الشغور وعين الدباغة في دركوش ونبع بردى ، وقد أمكن التعرف على بعض المجاري الباطنية بتجارب تلوين الماء<sup>(١١)</sup> . بيد أن بعض مجاري الماء تختفي دون أن يفلح العلماء مطلقا في التعرف على نقاط ظهورها مجددا للسطح ، أي كما لو كانت المياه تضيع في غشاء مائي عميق أو في قاع البحر ، كما في العيون العذبة التي تظهر قرب

---

( ١١ ) في قرب زحلة يقع فوار عين الدارة المتشكل في الصخور الكلسية الجوارسية على ارتفاع ١٦٠٢ م . وأثبتت تجربتنا تلوين المياه بمادة الفيلورسين أن هذا النهر الباطني ينحدي عين فوار انطلياس الذي يبعد عنه بمسافة ١٨ كم ويقع قريبا من ساحل البحر وينخفض عن مستوى قاع فوار عين الدارة بموالي ١٥٤١ م .



( شكل ٥٣ ) - مثال عن جريان كارستي

لا يكون الغشاء البشري الواضح على اليسار شاملاً ، فعلى اليمين يتم جريان الماء بواسطة الآبار والأروقة والنهر الباطني ، لاحظ وجود أروقة مهجورة . ويقوم الصدع بسطم مرور الماء في قسم من مستواه ( في الأعلى ) في حين يكون على العكس موائماً لاقتصاص الماء في قسم آخر ( في الأسفل )

١ - طبقات وتربة التآكل . ٢ - الغشاء البشري . ٣ - نهر باطني

ساحل البحر الأبيض المتوسط بجوار صيدا ، أو في الخليج العربي قرب جزيرة البحرين .

هذا ويكون مجرى الماء السفلي بين نقطة الامتصاص ونقطة الخروج مستقلاً عن مجرى الأنهار السطحية القديمة أو المعاصرة ، وهكذا لا توجد أنهار باطنية تحت الحواقي الكارستية .

ويتألف المجرى الباطني من آبار ومن أنفاق وأروقة . ويمر الماء ضمن هذه الأروقة إما على شكل جريان حر بواسطة الجاذبية أو تحت ضغط . وتتبع الآبار والأنفاق النقاط الضعيفة من الكتلة الصخرية مثل مستويات الارتصاف الطبقي والفصص الخ . ويكون شكل مرتسم هذا المجرى معقداً دوماً .

وليس هناك على العموم اتصال بين رواقين أو سردابين متجاورين ، إذ

قد يكون أحدهما جافا بينما يكون الآخر مشغولا بالماء . إذن ليس هناك في كتل الكارست غشاء مائي بئري مستمر لهذا يكون البحث عن المياه الباطنية في المناطق الكارستيه عسيرا جداً وخاضعاً للصدفة .

وعند الاقتضاء يمكننا الكلام عن غشاء مائي مستمر في اللحقيات التي تفرش قاع بعض البوليات وفي بعض أنواع الصخر الكلسي المسامي والقليل التشقق ، ولكن على العموم لا يمكن القول بأن هناك مستوى أساس دالي يتم يوجهه جذب المياه السطحية .

غير أنه من الممكن ذكر قواعد عامة تصح بالنسبة لتطور المناطق الكارستية . فإذا كان الصخر الكلسي يرقد فوق طبقة كثينة ، كالمارن مثلا ، تتكشف فوق سوية الأودية الكبرى فإن ينابيع تظهر عند تماس الصخر الكلسي العلوي مع المارن السفلي . وتراجع هذه الينابيع بفعل الحث المتراجع ( شكل ٤٦ ) فتشكل دخلات . وهكذا تتعرض المضاب ، وفي كثير من الأحيان ، إلى الانكماش ابتداء من دخلاتها الهامشية ، مثل هضبة لارزاك في أواسط فرنسا بفعل دخلة ليرغ Lergue شمال بلدة لوديف Lodève .

هذا كما يحدث الحث أيضا في العمق بفعل التحلل الداخلي . فعلى السطح يكون السيلان معدوما فعلا وكذلك ظاهرة الزحف ، وبالتالي فإن المنحدرات الشديدة لا تتلطف أبدا ، ولهذا يقال بأنها تتمتع بالمناعة ، وعلى هذا تستطيع الجروف الكبرى ، مثل خواصر الهومات ( جمع هوم ) وحواف البوليات ، أن تظل قائمة لمدة طويلة . بيد أن أغشية ماء الفيضان في البوليات تهاجم حواف البوليات المذكورة بواسطة التحلل . وإذا استمر الحث خلال فترة طويلة جدا فإن التطور يقود البوليات إلى التلاحم مع بعضها البعض وتتحول الهضبة ذاتها

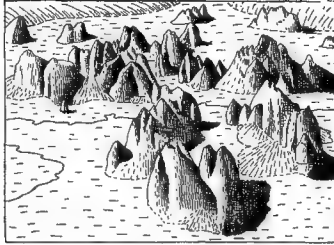


إلى سهل تنبثق من فوقه بضع هومات . وعندئذ يقوم جريان مائي عام فوق أراضي قيعان البوليات ويختتم التطور الكارستي .

وإذا ما نهضت المنطقة فإن مجاري الماء تتعمق وتغوص في محلها على شكل خنادق ( كانيون ) ، أما إذا لم يكن لديها ما يكفي من الماء للاحتفاظ بنهر سطحي فإنها ستختفي بالأعماق ، وقد نرى حالات من الأسر السدائي autocapture : فبينما يتعمق مجرى النهر ابتداء من السافلة ، ويخلق خائفا بفعل الحت المتراجع ، قد يتشكل رواق باطني في نفس الوقت ويجري مياه قطاع النهر الواقع في العالفة كى يقودها مباشرة نحو قاع الخائق . هذا ما حدث عند مغارة برامابيو Bramabiau فى محافظة غارد الفرنسية حيث يتلاشى نهر بونور Bonheur القادم من منطقة سيفين المتبلورة فى مغارة كى يظهر فىما بعد على شكل نبع فوكلوزى فى قاع خائق يقع فى السافلة . إذن يمكن الكلام عن تصايى الكارست . ففضاب الماسيف سنترال الفرنسية الكسفة Causses تعرضت فى نهاية الدور الثالث إلى النهوض وإلى التصايى وتحول جريان الماء السطحي فيها إلى جريان باطني فى الأعماق .

ولا ينطبق خط تقسم المياه الطبغرافى فى المناطق الكارستية على خط المياه الضمى بسبب وجود ظاهرة الأسر الباطنى فنلاحظ أن أكثر الينابيع غزارة فى جبل العلويين وجبل الزاوية هى التى تظهر فى أطراف سهل الغاب مع أن خطوط تقسم المياه القريبة جداً لاتسمح لوحدها بتفسير غزارة هذه الينابيع القوية .

تنوع الكارست باختلاف المناخ : ما دامت ظاهرة الكارست لا تتكيف إلا عن طريق التحلل فمن المتوقع والمنتظر أن يعمل الحت فيها تحت مناخ رطب أكثر مما يعمل تحت مناخ جاف . أما تأثير الحرارة فهو



( شكل ٥٤ ) كارست مداري ذو أبراج في الصين الجنوبية  
قاع بوليه وهومات على شكل أبراج . تقللاً عن صورة هـ . فون فسمان .

موضع نقاش وأخذ وردة ، لأن الماء البارد ، وذلك على خلاف ما يتبادر للذهن ، يستطيع أن يحل من الغاز الفحمي أكثر مما يحل الماء الساخن ، غير أن الماء الساخن يتفوق على الماء البارد في إذابة الكلسيوم ، بحيث يعوض هذا دور ذلك وأن الآراء لا تزال متباينة بالنسبة لنجاعة دور الحرارة .

غير أنه يبدو أن أكثر أشكال الكارست نموذجية هي تلك التي نجدها في مناطق ما بين المدارين ( شكل ٤٠ ) فهناك تكون الميول الشديدة أكثر حدة بكثير من تلك التي نراها في المناطق المعتدلة ، كما تشبه الهومات التي تهين على قاع البولييات الأبراج ، وهكذا يصف المورفولوجيون الكارست ذا الأبراج أو الكارست ذا الأعمدة pitons كما في كوبا وشمال فيتنام الخ ، وهناك نجد أجمل نماذج البولييه الحتية .

وعلى كل يتميز التضريس الكارستي أكثر من غيره من التضاريس الأخرى ، يتميز بشدة المفارقات بين الهضاب اوبين السفوح التي تحدها - سفوح الحواقي ، حواف البولييات - والقيعان التي تتكدس فيها التربة كقيعان

الدولينات والبوليات ، ولهذا تكون الأشكال فيها ذات أصالة فريدة حقا ، حتى أن بعض العلماء تكلموا عن مورفولوجية كارستية متميزة حتى الإفراط. مثلما تكون الهضاب الكارستية العارية من النبات ذات مظهر قري فدعيت بالصحاري الكارستية رغم كثرة أمطارها لانعدام التربة وندرة المياه وتسمى الجرود في لبنان ، وفوق السفوح الغربية العليا من جبل العلويين .

## الفصل الرابع

### الصخور المتبلورة

مقدمة : سبق لنا ورأينا أن الصخور الاندفاعية الميعة ( البلوتونية ) نموذجها : الغرانيت ، والصخور البلورية المتورقة ونموذجها : الغنايس تصنف ضمن زمرة الصخور المتبلورة ، حتى أنها تنفصل بشكل صريح عن الصخور الاندفاعية التدفقية ( نموذجها البازلت ) أي تتمايز عن الصخور البركانية. وفي الحقيقة فإن الصخور التي نصفها سوية لها صفات مورفولوجية متقاربة كثافتها الجيدة لعوامل الحت وكثافتها ، أي عدم نفاذيتها للماء . وعلى العكس فإن البراكين تقدم لنا تضاريس متفردة بكل معنى الكلمة لذا سندرسها في فصل آخر .

#### أولا : الصخور المتبلورة البلوتونية :

لقد تشكلت الصخور البلوتونية في أعماق الأرض تحت ضغط قوي وحرارة شديدة . ولا يجوز أن نطلق عليها عبارة صخور مغامية التي تعني أنها تشكلت في حالة عجيبة ، على شكل « مهل » أي ماغما . ومن المتفق عليه اليوم أن هذه الصخور تنجم عن تحولات غامضة . فبعض العلماء لا يميزونها بسبب ذلك عن الصخور المتبلورة التورقية التي سندرسها بعد قليل . مثلاً لا يجوز لنا أن نسميها صخوراً اندفاعية قديمة . وفي الحقيقة هناك الكثير من هذه الصخور يعود لأزمنة قديمة ولكن هناك صخور متبلورة بلوتونية حديثة ، فالصخور الغرانيتية التي تتكشف في منطقة البحيرات الإيطالية الواقعة عند أقدام جبال الألب ، تعتبر معاصرة للسلسلة الجبلية الثلاثية أي لجبال الألب أي تعود لبضعة عشرات من ملايين السنين في حين أن غرانيت الطائف قرب مكة المكرمة يعود لعدة مليارات من السنين . ولهذا يجب علينا أن نتحاشى القول

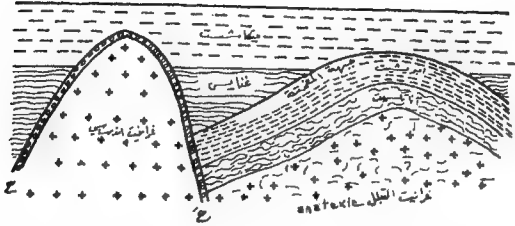
بأنها صخور غابرة archéennes ، لأن هذه الصفة استعملت في الماضي للدلالة على أن هذ الصخور كانت تؤلف جزءا من القشرة البدائية للأرض . ومن المعروف اليوم أن هذا غير صحيح وأنها تشكلت في وقت متأخر جداً عن القشرة البدائية ، وتحت أعماق القشرة المذكورة .

هذا وتتكون الصخور البلوتونية من بلورات ، فهي متبلورة كلياً ، على خلاف الصخور البركانية التي لا تكون متبلورة إلا بصورة جزئية . كما أن بلوراتها تكون ذات مقاييس منتظمة أو غير منتظمة . فقد تكون البلورات صغيرة فيقال أن للصخر بنية غرانوليتية كصخر الغرانوليت أو أبليت ، أو تكون البلورات متوسطة ، فيقال أن الصخر غرانيتي أي له بنية أكثر أنواع الصخور الغرانيتية .

كما وتختلف الصخور البلوتونية فيما بينها حسب طبيعتها الكيماوية والتي تظهر بوجود هذا الفلز أو ذاك في تركيبها المميز . وعليه فإن الغرانيت يحتوي على قرابة ٧٥ ٪ من السيليس في حين أن السيليس هذا لا يشكل أكثر من ٤٥ ٪ من صخر الغابرو . ولهذا يقال أن الغرانيت صخر حامض بينما الغابرو صخر أساسي basique . وأهم بلورات الغرانيت هي الكوارتز ، الذي هو عبارة عن سيليس نقي ، والفلدسبات ، وهي سيليكات الألومين ، واليكا السوداء ، التي تدعى أيضا بيوتيت ، وتتألف من سيليكات الألومين والمغنيزيوم والحديد .

ويتجلى الصخر البلوتوني استنادا إلى أسلوب مكنه الأرضي حسب طريقتين :

١ - على شكل عرق filon أي على شكل قالب داخلي رقيق ، يتخذ



( شكل ٥٥ ) - مخطط يبين علاقات مختلفة « النطاقات » المتبلورة التورقية مع الصخور البلوتونية . ح خ : حالة استحالة التالى ( القرنية ) .

صورة جدار يبدو وكأنه صعد من الأعماق واندرس ضمن صخور أخرى وتكثر العروق الكوارتزيتية في سروات الحجاز وعسير .

٢ - على شكل باطوليت batholite ، أي على شكل كتلة كبيرة لا يقل عرضها كثيراً عن طولها . وقد يمثل الباطوليت إما على شكل اندساس intrusion أي احتل مكانه على حساب صخور أخرى مع حدود واضحة تقطع انكشافات الصخور المجاورة ، أو يتم الانتقال تدريجياً من الصخر البلوتوني إلى صخور استحالية دون أن يكون من المستطاع تحديد التخم الصحيح لمكان استقرار الصخر البلوتوني فيقال عندئذ إنه صخر بلوتوني تبليّلي anatexis أي أن الغرانيت يبدو وكأنه يبلل الصخور التي استقر في وسطها .

## ثانياً - الصخور المتبلورة المتورقة أو التورقية

cristallophylliennes

تطلق صفة المتبلورة المتورقة على صخور تعرضت لتحول طراً عليها يدعى استحالة مها كانت طبيعتها الأصلية ( شكل ٥٥ ) هذا التحول هو نتيجة

السخونة والضغط ، ويقوم هذا التحول على تبلور جديد يتم حسب اتجاه معين بحيث تكون بلورات الصخور الاستحالية موجهة . ونغز ثلاثة نماذج من الاستحالة :

**الاستحالة بالتآس** وذلك بجوار كتلة اندفاعية اندساسية . وتدعى الصخور المتولدة عن ذلك بالصخور **القرنية cornéennes** . وعلى العموم لا تصيب هذه الاستحالة سوى نطاق ضيق لا يزيد غالباً عن بضعة مئات الأمتار . وهكذا نجم عن اندساس غرانيت منطقة مارجريرد في صخور الميكاشيست ، قرب مقرن نهر لوت بنهر ترويار في الماسيف سنترال الفرنسية ، نشوء حالة استحالية لا يتجاوز عرضها ثلاثة كيلو مترات .

**الاستحالة الآلية Dynamométamorphisme** وتنتج عن القوى التكتونية على طول الصدوع وهي بدورها لا تصيب أيضاً سوى نطاق ضيق على طول الخط الخاضع للتوتر أو للسحق ، مثال ذلك استحالة نطاق الصخور المشتملة في أرجنتا والتي يمكن متابعتها ابتداء من بلدة أرجنتا على نهر دوردوني من الجنوب حتى جوار بلدة غيرييه Guéret في الشمال ( أواسط فرنسا ) . ويطلق على الصخور المتحولة بواسطة الاستحالة الآلية اسم **ميلونيت mylonites** .

**الاستحالة العامة أو الإقليمية** وهي الاستحالة التي تتم في الأعماق وفي آن واحد ابتداء من كتلة الصخر البلوتوني وحسب السخونة الداخلية . وتصيب الاستحالة العامة مساحات أكبر بكثير من نطاقات الاستحالة الآلية والاستحالة بالتآس .

**ثالثاً - التجاور المكاني بين الصخور البلوتونية والصخور المتبلورة التورقية :**

لقد أخذنا الآن ندرك كيفية ظهور مجموعات الصخور المتبلورة على

الأرض : فباطوليت اندساسي ومحاط بهالة استحالية ضيقة ، يبدو وكأنه قد احتل مكانه على شكل دخيل كما تدل على ذلك صفته ، وعلى العكس عندما نكون تجاه غرانيت التبلل Anatexie فإننا نجد تدرجاً في الصخور الاستحالية مرتصفاً بانتظام (شكل ٥٥) . وتنقسم هذه الهالات بوضوح إلى مجموعتين صخريتين .

١ - الميغماتيت أي الصخور الناجمة عن اختلاط ، وعن إغناء الصخر الأصلي بتبلل انطلاقاً من غرانيت التبلل . وقد اشتقت الكلمة من اللغة الإغريقية Migma أي خليط .

وتنقسم صخور الميغماتيت إلى قسمين : نطاق داخلي وهو الأقرب من الغرانيت ، وهو نطاق الأناتكسييت Anatexites وتكون له بنية غامضة ، ويكون النطاق العلوي على العكس هو نطاق الامبريشيت embrechites وهو غنايس محقون بالگرانيت سافاً فساف ، ولهذا يكون مظهره متورقاً بشكل يلفت النظر .

٢ - الاكتينييت وهي صخور أكثر بعداً عن غرانيت التبلل ، وهي لم تخضع لإغناء محسوس بل إلى تبلور فقط ، ناتج عن السخونة وعن الشد ( ويعني فعل Ectinein الإغريقي ، الشد ) دون تحول طارىء على التركيب الكيماوي .

وتطلق عبارة جبهة المغمطة Migmatization على حد نطاق صخور الميغماتيت من طرف صخور الاكتينييت . وتبعد هذه الجبهة نوعاً ما إلى الأعلى في داخل نطاق زمرة صخور الاكتينييت . وإذا صعدت الجبهة بصورة شاذة فهذا ما يؤدي إلى تلاشي كل النهايات السفلى في هذه الزمرة ، وفي الحالة المعاكسة تكون زمرة صخور الاكتينييت كاملة .



## رابعاً - الملامح العامة لتقاطيع التضريس في الصخور المتبلورة :

إن كل الصخور المتبلورة كتيمية ولكن بعض الترب التي تنجم عنها تسمح بتسرب الماء . تلك هي حالة الآرينات Arènes الغرانيتية<sup>(٢٠)</sup> . وتفسر هذه النفوذية في الترب كيف أن بعض رؤوس الأودية تكون محرومة من مجاري الماء ولكن ، على العكس ، لا يتأخر النهر في السافلة عن الجريان ، لأن العيون تكون بالواقع عديدة ولكنها هزيلة غالباً ، على خلاف الينابيع الفوكلوزية التي تتميز بها المناطق الكلسية . وينتج عن ذلك أن تكون الأودية متقاربة تؤدي فيما بينها لنشوء عراقيب وأصلاب échines متفاوتة في ارتفاعها باختلاف تعمق خطوط القاع مع بروز نتوءات مدورة تدعى « الجنادل » في نجد الوسطى قرب بلدة الرس . هذه الطبوغرافية هي التي تميز المناطق المتبلورة وتهين على كل توزيع الترب الصالحة للحرثة وعلى قيام المساكن البشرية .

وتكون العراقيب على العموم محدبة لأن الانقراض المتبلورة تكون عرضة لظاهرة الزحف التي تتفوق على السيلان المتمركز . ولكن من وجهة النظر إلى التفاصيل نجد أشكالاً ذات أصالة تضرس السفوح أحياناً .

هذا وقد نجد في القمة أعرافاً مسننة ناجمة على العموم عن صخور غرانوليتية ( أو أبليتية ) تكون أحياناً عبارة عن عروق أبرزها الحت .

وهناك قمم أخرى تتخذ أشكال قباب ملساء ، صخرية ، تكثر خاصة في أقطار ما بين المدارين والتي تمثل انكشافات من صخور أكثر قساوة من

---

( ٢٠ ) الآرينات الغرانيتية : هي الرمال الكوارتزية ووريفات الميكا الناجمة عن تفكك صخور الغرانيت محلياً والتي تفرش الأراضي المستوية في هذه المناطق تسمى البطحاء مثلاً في مدينة الرس النجدية بالقصيم .

الصخور المجاورة . تلك هي قوالب السكر التي نجد أشهرها منتصباً كالديدبان في مدخل خليج ريودو جانيرو ( نهر كانون الثاني ) .

وفي مناطق أخرى نجد الكرات الضخمة *boules* ، وخاصة في صخور الغرانيت ذات الحباب المتوسطة الحجم . وقد تؤلف هذه الكرات أشكالاً فوضوية أو أكوماً مع صخور متوازنة فوق بعضها البعض ( كما في منطقة الطائف وفي منطقة سيدوبر في الماسيف سنترال الفرنسية ) . وتشكل هذه الكرات إما في الهواء الطلق ابتداء من الجلاميد المتوازنة السطوح التي حددتها شبكة الفصمات ، نظراً لأن الزوايا تكون مدورة تدريجياً ، وإما عن طريق تشكل مسبق داخلي ، ذلك أن بعض كرات الغرانيت الصلب تكون ، وهي في الأعماق ، محاطة بحراشف من غرانيت قابل للفساد . ولهذا الوضع أصل غير معروف تماماً . وعلى كل حال ندرك كيف يعمل الحث بسهولة على تفكك حراشف الغرانيت المتفسخ كي يكشف للعيان النوى المقاومة .

وتحت بعض المناخات ، كالجافة طيلة العام ، مثل مناخ الصحراء الكبرى والقارة القطبية الجنوبية ، أو جافة خلال شطر كبير من العام ، مثل جزيرة كورسيكا وسردينية ولا سيما في أواسط نجد وجبال عسير ، فإن الكرات الضخمة تكون محفورة بتجاويف دائرية مجهولة الأصل تصل أبعاد بعضها إلى متر واحد ، وتدعى *taffoni* ويغلب على الظن أن هذه التجاويف كانت مشغولة بكتل صخرية اندفاعية أكثر قلوية وبالتالي كانت سريعة التفسخ بالمقارنة مع محيطها الصخري المتبلور .

وتتيز تكتونية الصخر المتبلور بأنها صلبة . فالصخور المتبلورة لا تلتوي إلا بتحقيق شروط من الحرارة ومن الضغط لا تتوفر مطلقاً عندما تتكشف هذه الصخور قرب السطح أو عندما تكون مدفونة تحت غطاء قليل

السباكة . ومع هذا فهناك درجات لهذه « الصلادة » التي تكون أقل شدة في الصخور المتبلورة التورقية ، نظراً لإمكانات انزلاق مستويات البلورات فوق بعضها البعض ، مما هي عليه في الحال في الصخور البلوتونية . ولكن ، وبصورة عامة ، لا تلتوي الصخور المتبلورة أو لا تلتوي إلا على شكل نصف قطر دائرة كبيرة . أي على شكل تقنيات أو تقعرات فسيحة . بيد أن هذه الصخور ، في مقابل ذلك ، يمكنها أن تتجزأ إلى عديد من الكتل الجانحة من كل المقاييس أو إلى قهطرات pupitres تهبط سويتها عن بعضها البعض بفعل الصدوع .

وهكذا تكون الكسور fractures من الملامح الكبرى التي تتصف بها المناطق المتبلورة ، وتتجلى على شكل عقبات escarpements مدورة نوعاً ما ، وأحياناً على شكل أودية خط الكسر ، أو خط السحق أو الجرش broyage وذلك لأن الأهار تستقر فوق نطاقات المقاومة الضعيفة . ونعرف عن ذلك أمثلة بديعة جداً في البرتغال ، وربما يوجد منها أيضاً في منطقة الغابة السوداء ( وادي الز ) ، ويكون مرتسمها المستقيم ، كما لو كانت مستقلة عن الانحدار وعن كل تأثير لبيتولوجي ، مشابهاً لضربة بلطة شقت الجبل . وأودية خط الكسر تكون من الأشكال المميزة لمناطق الصخور البلوتونية ، ولكنها لا تكون معدومة في الصخور البلورية المتورقة .

#### خامساً - الاختلاف في تقاطيع مورفولوجية الصخور المتبلورة :

يتصرف كل صخر متبلور ذاته بصورة مختلفة باختلاف المناخ . ففي البلاد المعتدلة الرطبة تحتفظ المناطق المتبلورة ، وذلك بصورة آمنة

جداً ، بشواهد عن أشباه السهول القديمة كما هو الحال في كتلة الماسيف سنترال أو جبال الفوج أو جبال الأبالاش الأميركية .

أما في الأقطار الحارة حيث يسود المناخ الرومي أو الصحراوي أو مناخ ما بين المدارين فإن الحت يعمل هنا بنشاط أكبر ، فحيثما لا تكون السهول القديمة مدرعة<sup>(٢١)</sup> فإنها تبدو مهدمة بسرعة ملحوظة كي تحل مكانها العراقيب أو تسطّحات aplanissements أحدث حسب مستوى الأنهار الحالية . وهكذا تظهر الكتل القديمة أحياناً عجوفة وأخفض من الحافة الرسوبية المجاورة كالصخور الكلسية في الأقطار الرومية المناخ أو صخور الجرانيت في الأقطار المدارية<sup>(٢٢)</sup> .

وتظهر السهولة التي يعمل الحت فيها بتشكيل السهول الكبرى الأفقية في بلاد السافانة والصحاري ، تلك السهول التي تدعى البيد سهيل *pédiplaines*<sup>(٢٣)</sup> . وأحد أجود الأمثلة عن ذلك منطقة بيطي وهي عبارة عن سهل فسيح غرانيقي يقع في الصحراء الكبرى الغربية ، في شمالي موريتانيا أو السهل الذي يمتد على مسافة ٤٠٠ كم بين شرقي مكة والطائف وغربي جبل طويق في نجد .

بيد أن الاختلافات الكبرى في تضريس الصخور المتبلورة تتعلق خاصة بالطبيعة الخاصة بكل من هذه الصخور . وهنا تتدخل ثلاثة عوامل :

١ - نفوذ الماء : كلما كان الصخر المتبلور مسامياً ، أي حاوياً على

---

( ٢١ ) انظر الفقرة الأخيرة من الفصل السادس .

( ٢٢ ) انظر الفقرة الرابعة من الفصل الثامن .

( ٢٣ ) البيد سهل عبارة عن تسوية نتجت عن انتشار البديمنتات المتجاورة والتي تسجج منطقة برمتها . أما البديمنت *pediment* فهو سطح حتي محلي ، مستو ، وذو ميل واضح يتراوح بين ١ إلى ٧ ٪ غالباً ويتشكل فوق صخور متكلسة ، مقاومة ، ولا سيما فوق الصخور المتبلورة كالغرانيت مثلاً .

فواصل كبيرة بين البلورات ، كلما كان سريع العطب لأن الماء ، في أعقاب المطر ، يتسلل ضمن الفراغات فيستطيع إفساد الفلزات minéraux .

٢ - حجم الحَبَّات : تكون الصخور ذات الحَبَّات الصغيرة ( كالغرانوليت ) هي الأكثر مقاومة وذلك لأسباب عسيرة التفسير .

٣ - الطبيعة الكيماوية : تتفسخ البلورات بصورة مختلفة جداً باختلاف طبيعتها الكيماوية . فالكوارتز والميكا البيضاء والفلدسبات البوتاسية تكون عسيرة التفسخ بينما نجد أن الميكا السوداء والفلدسبات الكلسية الصودية تفسد بسهولة أكبر .

ولا داعي للدهشة إذا رأينا أن بعض المناطق وقد جَوْفَهَا الحت في وسط مناطق متبلورة أخرى ظلت بارزة التضاريس كالسهل الواقع جنوب شرق الطائف . وعلى كل حال تكون دراسة اختلافات التضريس في داخل مجموعات إقليمية متبلورة مسألة دقيقة للغاية ، فعندما تصادف صخراً متبلوراً مؤلفاً تضريساً بارزاً فن العسير معرفة ما إذا كان قد تحدَّى الحت لأنه كان مقاوماً أو فيما إذا كانت حركات تكتونية قد رفعته إلى أعلى .

## الفصل الخامس

### الصخور البركانية التضاريس البركانية

مقدمة : لقد درسنا في الفصول السابقة الصخور باعتبارها مواد بناء تضيبي *masérueux* . أما في حالة البراكين فننسير تمييز اللواد عن وضما ، أو بمبارة أخرى ، من الصعوبة بكان دراسة الليتولوجيا دون التعرض للبيئة . ولهذا سيكون لهذا الفصل الجاه مزدوج .

#### أولاً - الصخور البركانية

على خلاف الصخور المتبلورة ، لا تكون الصخور البركانية كاملة التبلور . فبعد بداية تبرد في أعماق الأرض فإن مجرد وصول الصخور المذكورة إلى الطبقات الباردة من القشرة الأرضية يؤدي لتوقف عملية التبلور . ولهذا تكون الصخور البركانية إذن صخوراً ذات تبلور مزدوج على مرحلتين . كما تدعى الصخور البركانية صخوراً مجهرية *microlithiques* لأن العجينة التي تتشكل في أعقاب تبرد فجائي تتألف من بلورات مجهرية على شكل عصيات أي من ميكروليت *microlites* . أما البلورات التي يمكن رؤيتها بالعين المجردة *phénocristaux* فنادرة أو مفقودة ، حتى أن بعض الصخور البركانية لا تكون أكثر من « زجاج » . تلك هي حالة الخبث *scories* التي تقذفها البراكين ، أو

صخر إبسديان <sup>(٢٤)</sup> obsidiennes التي تؤلف مسكوبات والتي تشابه هشيأ من زجاج أسود .

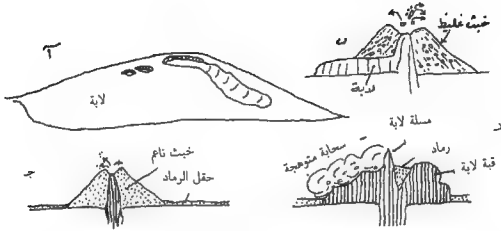
ويكون التركيب الكيماوي في الصخور البركانية وفي الصخور المتبلورة متاثلاً ، ولكن المنظر هو الذي يختلف . وهكذا يكون لصخر الغابرو ولصخر البازلت نفس التركيب ، ولكنها يؤلفان مع ذلك تضاريس مختلفة كلياً .

ويمكن القول أن كل تركيب كيماوي في الصخور البركانية يقابله تضريس معين ، هو ذاته ناجم عن طريقة هيجان خاصة . ولكي نطل ضمن الخطوط الكبرى نستطيع القول بأنه كلما كانت المقذوفات حامضة كلما كانت البراكين انفجارية ، وفي نفس الوقت كلما كانت هذه المقذوفات الصخرية حامضة كلما كانت فاتحة اللون مما يستدعي التوصل إلى مقارنة تقريبية جداً بين الصخور الفاتحة اللون وبين أشكال انفجارية معينة ، وبين الصخور القاتمة وبين أشكال الجريان الهادئة .

ولكن بالنسبة لتركيب كيماوي معين فإن المواد الصخرية تظهر بطريقة متباينة وذلك فيما إذا كانت قد انساحت على شكل مسكوبة سائلة أو فيما إذا كانت قد انقذفت على شكل صلب . فإذا كانت صلبة نكون أمام مقذوفات أو مواد بيروكلاستيكية . أما في حالة اللابة المائعة ، فنكون تجاه مواد تدققية effusifs أو لابة بكل معنى الكلمة .

وسندرس كل هذه المواد المختلفة مع غاذج الفاعلية البركانية أو النشاط البركاني .

( ٢٤ ) صخر يشبه الزجاج في خواصه ويشبه الفرانيت كيميائياً .



( شكل ٥٦ ) - النماذج الأربعة للهيكل البركاني

أ - نموذج هاواي ، ب - نموذج سترومبولي ، ج - نموذج فوكلاني ، د - نموذج ييلي .

## ثانياً - النماذج التقليدية الأربعة للفاعلية البركانية

لقد ميز عالم المعادن لأكروا أربعة نماذج من النشاط البركاني : ولا يعني هذا أربعة نماذج من البراكين لأن نفس النموذج من الفاعلية قد يعطي تمازجات مختلفة وإن بعض البراكين البسيطة تتباين مع البراكين المعقدة ، كما سنرى ذلك .

ومن ناحية مبدئية ، وانتقالاً من النموذج الأول إلى الرابع ، تأخذ حرارة وميوعة اللابة بالتناقص ، كما أن طبيعة الصخور المندفعة تصبح أكثر حموضة ، كما تصبح الانفجارات أكثر عنفاً ، مثلما تتفوق نسبة المواد الصلبة المقذوفة تدريجياً على نسبة المواد السائلة ( شكل ٥٦ ) .

**النموذج الأول : النموذج الهاواي :** يتميز النموذج الهاواي بانسكابات لابة مائعة جداً ، في حين تكون بقية التظاهرات ، من انفجارات ومقذوفات تشكل مخروط الخبت ، نادرة جداً . ويظل الهيجان مستمراً بمعنى أن الفوهة ( الكراتير ) تكون عبارة عن بحيرة تظل اللابة تغلي فيها خلال سنوات كاملة



وسندفق منها اللابة من وقت لآخر بواسطة الطفح . وأكمل النماذج وافضلها دراسة تمثل في براكين جزر هاواي ، كبركان مونا لواء Mauna - Loa الذي يزيد ارتفاعه عن ٤١٠٠ م أو بركان كيلوا Kilauea ( ١٣٣٥ م ) غير أن فوهاتها تكون مع ذلك فارغة . وتنتسب أكثرية تدفقات براكين ايسلندا وبراكين نياملاجيرا Nyamlagira ونيرا غونغو ، وهي بحيرة فوارة حالية ، في كيشو Kivu ( أفريقيا الوسطى) تنتسب جميعاً إلى هذا النموذج وكذلك معظم براكين جبل العرب والجولان واللجاة في سورية والحرات بين المدينتين المقدستين مكة والمدينة .

**النموذج الثاني : النموذج السترومبولي :** ويكون طراز النشاط السترومبولي ، المأخوذ إسماً من بركان سترومبولي ، وهو إحدى جزر ليباري الواقعة في شمال صقلية ، مستمراً بدوره أيضاً : فالفوهة تشتمل على لابة مائعة ، ولكن البركان يقذف ، من وقت لآخر ، عموداً من الغاز والحجارة . ولا تشكل هذه الانفجارات عادة أي خطر لأن المقذوفات تساقط في الفوهة ذاتها ، غير أن الانفجارات المذكورة كثيرة التكرار ( ما بين ٦ إلى ٨ في كل ساعة ) وتكون رائعة المنظر بشكل خاص خلال الليل . وفي خارج الفوهة تنزلق المقذوفات فوق منحدر المهيئات كما في بركان سترومبولي . أما في فترات احتداد الهيجان فإن اللابة قد تنسكب للخارج على شكل دفقات .

وتكون المواد التي يقذفها الهيجان السترومبولي إذن مؤلفة من لابات أو من خبث scories والطراز الأخير أي بركان الحبث الحصىي يتمثل في بركان تل الشيحان الواقع على يمين طريق دمشق السويداء قرب شها .

**النموذج الثالث : النموذج الفولكاني :** يستمد النموذج الفولكاني اسمه من بركان فولكانو الواقع في جزر ليباري الجنوبية . واللابة ، التي تكون عادة

أقل ميوعة من النموذجين السابقين ، تتصلب بسرعة شديدة ولهذا تنسد مدخنة البركان بين كل هيجان وآخر ويقتصر النشاط عندئذ على بضعة انبثاقات جانبية من أبخرة كبريتية . غير أن الحدة الهيجانية تكون على العكس عيفة جداً : إذ تسحن اللابة على شكل رماد أو تنقذف على شكل خفان وهي لابة تبدو على شكل رغوة ، بحيث لا تمثل المواد الخشنة سوى نسبة ضئيلة من المواد المفقوفة . ويكون الثوران مصحوباً بظهور كرة هائلة من الدخان تهبط وكأنها مظلة شبيهة بالانفجار الذري .

هذا وتكون المسكوبات الفولكانية نادرة وقليلة الاتساع : فهي تتصلب بسرعة كبيرة حتى فوق المنحدرات القوية ، وتتألف من لابات قليلة الميوعة ، كصخور الريوليت .

**النموذج الرابع : النموذج البيلي :** لقد اتخذ جبل بيليه Pelée في جزر المارتينيك ، الذي حصل على شهرة بائسة بثورانه في عام ١٩٠٢ ، اتخذ كمثال للنموذج الرابع . واللابة وإن كانت صادرة مع درجة حرارة شديدة فهي لزجة جداً ، كصخر الريوليت والدوميت والدايسيت . غير أن الثورانات تنفصل عن بعضها بفترات زمنية طويلة . ويبدأ الثوران بمرحلة تمهيدية متميزة بانبعاث دخان ورماد ، ثم يحدث انفجار رهيب تنطلق في أثره كرة دخانية مائلة لتلك التي يطلقها الثوران الفولكاني . ولكن في الوقت نفسه تنقذف القمة سحباً متوهجة ، أو تظهر من الشقوق الجانبية . وتكون هذه السحب قائمة اللون مؤلفة من جلاميد ومن رماد مغلف ببخار الماء : ويظل كل جلود منعزلاً لوحده دون أن يصطدم بالجلاميد المجاورة لأن بخار الماء المشحون بالرماد يشكل و سادة بين الجلاميد المذكورة . وتنهمر السحابة متدرجة فوق السفح بسرعة تتراوح بين ١٠ و ١٥٠ م في الثانية تسبقها موجة

هوائية مائلة « لنفخة » الانهيارات الثلجية ، والتي تماثلها في كثير من المشاهد .  
فهذه السحابة المتوهجة المنهالة تخرب كل شيء في طريقها ، إذ تطيح بالجدران  
وتحرق الأشجار . وقد تهدمت مدينة سان بيير في المارتينيك عام ١٩٠٢ بفعل  
سحابة متوهجة ، وقد نتج عن هذه الكارثة هلاك سكان المدينة باستثناء  
سجين حتمه جدران زنزانه السميكة .

وبعدئذ يتشكل تورم أو انتفاخ من لابة عجينية قد تشكل قبة أو  
تتحول إلى مسلة تنتصب عمودية فوق المدخنة . وتتداعى المسلة عند تصلبها  
وتنهال على شكل كسرات ضخمة .

هذا وقد تغير معظم البراكين المعقدة طراز ثورانها مع الزمن . فقد تنتقل  
من أكثر النماذج ميوعة إلى أكثرها انفجارات . غير أن طريقة النشاط الأكثر  
حدوثاً هي التآرجح بين نموذجين متقاربين . وهكذا تنشأ القباب البيلية على  
العموم فوق البراكين الفولكانية . إذن يكون التمييز الكبير القائم هو بين  
البراكين السائلة ، أي هاوائية وسترومبولية ، وبين البراكين الانفجارية ، أي  
فولكانية وبيلية .

وتتخض نماذج النشاط هذه عن تضاريس بدائية سندرسها قبل أن نرى  
كيف تتعقد الأشكال البركانية .

### ثالثاً : التضاريس البركانية البدائية .

نذكر فيما يلي التضاريس البدائية التي تشيدها البراكين :

١ - **الخروط البركاني البسيط** : الخروط البركاني البسيط هو تكدس  
من خبث ، أي مواد مقدوفة من مدخنة البركان لمسافة قصيرة . ويتشكل  
الخروط من ثوران قصير يمتد على بضعة أيام أو بضعة أشهر على الأكثر ، كما



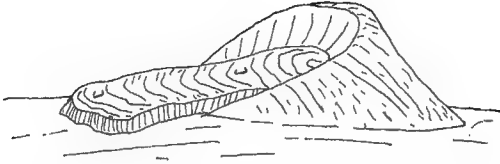
« بعض المواد المقذوفة » أ - رماد ، ب - لابيبي ، ج - قنبلة .  
( شكل ٥٧ )

حدث ذلك بالنسبة لبركان باريكوتان ، الذي انبثق في عام ١٩٤٣ إلى الغرب من العاصمة مكسيكو .

وتختلف طبيعة المواد المقذوفة حسب نموذج الثوران : فتغلب نسبة الرماد الدقيق وحجر الخفان في النموذج الفولكاني ، مثلما تتفوق المقذوفات الخشنة في النموذج السترومبولي . ونغيز استناداً إلى حجم المواد الرماد الذي لا يزيد قطر حباته عن ميلتر واحد ، والحصى lapilli ، وهي حجارة صغيرة فقاعية يتراوح قطرها بين ١ مم إلى ١٠ سم ، والجلاميد التي تزيد أقطارها عن ١٠ سم .

وعندما تتخذ الجلاميد شكلاً خاصاً ناتجاً عن كونها انبرمت في الهواء خلال انقذافها ، فإنها تظهر على شكل لوزة بحجم جوزة الهند « النارجيل » مبرومة نوعاً ما من طرفيها ، تسمى عندئذ قنابل بركانية مغزلية الشكل مثل عضلة العضد .

وعندما تكون مقذوفات الخبث الصادرة عن البركان فقاعية بشكل يلفت



( شكل ٥٨ ) - بركان مشدوق

النظر ، وخفيفة بحيث تقل كثافتها أحياناً عن ١ ، تدعى حجر الخفان ponces . وهناك حجر خفان من كل المقاييس . ولكنها تتشكل دوماً ، وعلى كل حال ، من صخور حامضة . هذا وتقع في قة المخاريط الفوهة أو الكراتير <sup>(١)</sup> cratère وهي ناتجة عن نفخة الانفجار . وتكون منحدراتها الداخلية تارة عبارة عن حدود talus الجاذبية ، وتارة أخرى ، وذلك كما هي الحال السائدة أثناء احتدام الثوران ، عبارة عن جدران اقتلاع عمودية في كتلة أكداش الخبث .

وتكون المواد التي تلفظها الفوهة على العموم مقذوفة لمسافة لا تتجاوز كثيراً الأطراف الخارجية للفوهة ، ومن ثم تنهال بفعل الثقالة على خواصر البركان الذي يكون انحداره متطابقاً مع توازن حدود الجاذبية ويظل هذا الانحدار عموماً في حدود ٣٥ درجة .

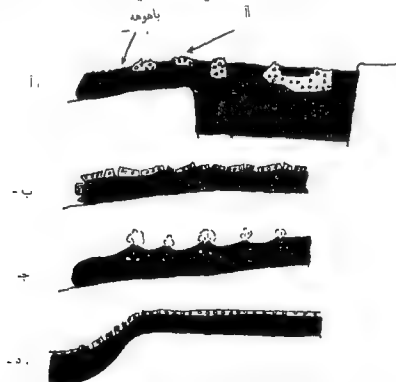
وهناك حالة فريدة في المخروط البسيط هي حالة المخروط المشدوق أو المشروم . ونجد أمثلة تقليدية عنها في مخاريط ديرة التلول شرقي دمشق أو في مجموعة براكين جبل الزاوية . فيكون المخروط مفتوحاً من طرف واحد بفعل

---

( ١ ) ومنها جاءت تسمية حي الكراتير في مدينة عدن والذي يقع على طرف فوهة بركان مشدوق وغزته مياه البحر فأصبح خليجاً مستديراً وميناءً ممتازاً .

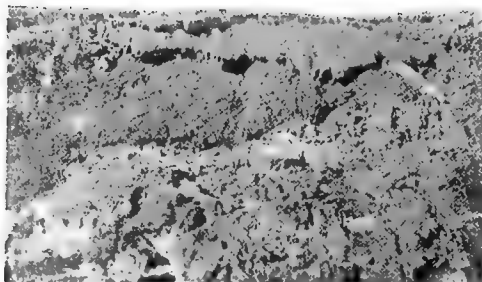
توسع الفوهة . هذا ولا يجوز أن نسب انعدام التناظر هذا إلى الانفجار ولا إلى انفتاح ثغرة ناجمة عن انسياب مسكوبة لابة شقت طريقها على حساب أضعف جزء في سور الفوهة ، بل إلى انسياب لابة بصورة مستمرة خلال الثوران بحيث لم يستطع الخبث أن يتوضع إلا على الأطراف التي لا تمر منها اللابة . إن انشراعات كهذه تفترض ثوراناً قصيراً مع نشاط من طراز سترومبولي وانطلاق لابات غزيرة ومائعة .

٢ - ميدان الخبث : تبدو ميادين الخبث كتضاريس أكثر غوضاً بكثير من المخاريط ، فتظهر وكأنها تذريرة أو نثير فوق تضاريس موجودة سابقاً ، فتخفف من حدة هذه الاشكال ، ولا سيما إذا كانت هذه الميادين مؤلفة من خبث خشن . ولكن أوسع الميادين هي تلك التي تتشكل من رماد ناعم يتلففها



( شكل ٥٩ ) - اللابة الخشنة السطح وأصولها الأربعة ١ - جلاميد ما فوق المهل . ب - قشرة سميكة مشككة أثناء التصلب .

ج - انفجارات غازية فوق المسكوبة . د - قشرة عظيمة بفعل التنازع .



شماره ۱۱ - جبهه شمالی دیوار حصار کربلای معلی - در ارتفاع ۱۰ متر از سطح زمین - در سمت راست  
مسکونه



شماره ۱۲ - تالاب و به حصار

الريح لينقلها لمسافات بعيدة . وهكذا يتشكل سهل كامبانيا الإيطالي من توضعات بركانية . وقد يترسب الرماد في بحيرة ويصبح متآخذاً متراصاً ويشكل ما يدعى بالسينيريت .

٣ - مسكوبة اللابة : تتألف المسكوبة من لابة سائلة تنزل ابتداء من نقطة صدورها فوق المنحدرات بفعل الجاذبية . وتبرد أثناء هذا النزول ، فيتباطأ جريانها إلى أن تتوقف تماماً . وتكون اللابة بجوار نقطة صدورها سريعة الجريان وضيقة ، ولكن مع نزولها تتناقص سرعتها حتى بضعة أمتار في الساعة ويزداد عرضها فيبلغ بضع مئات الأمتار . أما سطح المسكوبة فقد يظهر على ثلاثة أشكال مختلفة هي : الباهوهه و الآ aa والمستوي المنسجم . فالتسميتان الأوليتان مأخوذتان من لغة جزر هاواي المحلية . فالكلمة الأولى تعني مشهداً ناجماً عن تصلب قشرة رقيقة جداً تستمر اللابة تحتها في الجريان وتقوم بتجعيد تلك البشرة التي لا زالت مرنة . ويعطي المجموع انطباعاً عن جلد خشن لفيل ذي لحم مترهل . هذا وقد تلتف لابة الباهوهه على نفسها ، وكأنها شلة جبل ، وذلك أثناء تبردها ، فيقال لابة جبلية lave cordée ، وقد يتشكل أيضاً تورمات يتراوح عرضها بين ٣٠ إلى ٦٠ سم وتفسر بقدم لابة بفعل الثقالة تحت القشرة السطحية الرقيقة . وعندئذ تمتط هذه القشرة وكأنها غشاء « بالون » أثناء النفخ ، ونجد أمثلة بدیعة عنها في منطقة اللجاة جنوب شرق دمشق وفي منطقة اللثة عند تخوم لواء اسكندرون ، أو في الحجاز حيث تسمى الحرات .

أما الآ aa فهي ، على العكس ، عبارة عن فوضى من لابة خبيثة scoriacée ، شبيهة بميدان رماد الفحم الحجري أو القصرمل<sup>(٢٤)</sup> . وقد يبلغ مدى

---

( ٢٤ ) القصرمل : رماد خبيث نتيجة حرق الروث في قمام الحمامات التقليدية في الشرق والذي يخلط مع =



خشونتها بضع عشرات السنتيمترات وقد يصل إلى بضعة أمتار ارتفاعاً .  
وتطلق كلمة شير cheire على مثل هذه الأشكال في مقاطعة أوفيرنييه  
Auvergne في أواسط فرنسا .

وقد تبدو المسكوبة مستوية منسجمة تماماً ، ولكن ذلك في حالات  
نادرة . فالمسكوبات المنسجمة تكون ناتجة أحياناً عن حت أصاب سطحها  
فاجتث الأشكال الخشنة البدائية .

هذا وتختلف المسكوبات فيما بينها ليس فقط من حيث مظهرها  
السطحي ، بل تختلف أيضاً في شكلها الإجمالي وبأبعادها ، وذلك دون الكلام  
عن المسكوبات التي تتواجد مع أشكال أكثر تعقيداً مثل اللعايات bavures  
البازلتية<sup>(٢٥)</sup> فوق مخروط الحبث والمسكوبات التي تتراكب فوق بعضها البعض ،  
كما تختلف كثيراً حسب كمية اللابة المنطلقة ، فهناك لابات طويلة تمتد لبضعة  
كيلو مترات وحتى بضع عشرات الكيلو مترات كتلك التي انسابت من جبال  
السراة وإنساحت غرباً في أودية تهامة المتجهة نحو البحر الأحمر ، مثلاً تختلف  
أيضاً حسب الشكل الطبوغرافي الذي انسابت فوقه ، كالليل الطولاني الشديد أو  
الضعيف ، والمنسجم أو المتبدل ، والمقطع العرضاني المتفاوت في انحداره . كما  
تتطاول بعض المسكوبات المناسبة في أودية ضيقة ومتعمقة مع مقطع عرضاني  
محدب ، على شكل لسان ، وتسمى مسكوبات خيطية الشكل ، كما تنساب  
مسكوبات أخرى في سهول أو فوق مستويات مائلة ، وتمتد على نطاق

---

= الكلس وألياف القنب لصنع مادة طينية تسمى بها أسطح المنازل الشرقية القديمة وذلك قبل ظهور الإسمنت وبطل  
استعمالها قبيل الحرب العالمية الثانية في بلاد الشام .

( ٢٥ ) ويقصد لابة سائلة فوق بركان من غبث خشن ، أي كأن اللابة لعاب سال من فوهة البركان لمسافة

قصيرة .

عريض . وهكذا يبدو الشكل الطبغرافي للمسكوبات منذ انطلاقتها إذن متغيراً للغاية ، وذلك حسب الطبغرافية السابقة لانسباب اللابة ، وحسب كمية اللابة المتدفقة ، وأخيراً حسب سيولة المسكوبة وعلى كل حال تعمل اللابة على طمس معالم التضاريس السابقة لأنها تنهمر في الأودية قبل سواها .

٤ - أشكال بدائية أخرى في البناء البركاني : تعطي بعض البراكين الانفجارية ، كما سبق ورأينا ، تعطي قباباً لابية ( نموذج ذلك منطقة ديرة التلول وبوي دودوم Puy - de - Dôme في وسط فرنسا ) ، ويتشكل أيضاً على المنحدرات كونفلوميرا من نماذج مختلفة والتي لن نتعرض لأكثر من مثال واحد عنها . وإذا ما هطلت أمطار غزيرة على سفوح بركان ما ، أو أدى تفرغ مياه بحيرة فجأة بفعل زلزال إلى تبلل الرماد الدقيق ، فتتشكل عندئذ مسكوبة ليست لابية بل وحية تنحدر بفعل الجاذبية . وتدعى هذه الظاهرة لاهار ( Lahar ) ( كلمة أندونيسية ) ، فقد تهدمت مدينة هركولانوم بمسكوبة لاهار ، في حين أن كارثة بومبيئي نتجت عن تكس الرماد المتساقط فوقها .

رابعاً - عوامل تعقيد التضاريس البركانية : الحت ، التخريب العنيف ، والترصيع أو التصندق emboîtements :

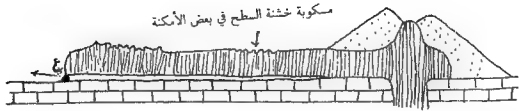
ما أن يتم تشييد التضاريس البركانية حتى يعمل الحت على تهديمها مستغلاً تفاوت المقاومة بين اللابات القاسية والخبث التي تكون نسبياً قليلة المقاومة من جهة وبين الصخور غير البركانية التي تغلف اللابة أو تتحملها من جهة أخرى . إذن يلعب الحت التفاضلي دوره بين صخر بركاني وآخر وبين الصخور البركانية والصخور الأخرى .

هذا ويكون الرماد البركاني حساساً جداً تجاه الحت لسرعة تشبعه بالماء بسبب نعومة حباته فيتصرف كصخر كتيم وبالتالي ينجرف بالسيلان . أما

الخبث الخشن فيقاوم بصورة أفضل نوعا ما ولكنه يكون هشاً وعرضة للزحف Coulées وهكذا تستدير منحدرات مخاريط الخبث بسرعة كبيرة جدا وتفقد حداثتها الأولى . وبعد بضع عشرات الآلاف من السنين تتلاشى الفوهات cratères ، كما أن المخاريط التي كانت انحدرات سفوحها تقارب ٢٥ درجة أصلا تصبح ميولها محدود ٢٥ درجة . وفترة الدور الرابع التي استغرقت ثلاثة ملايين سنة كانت كافية لتخريب المخاريط وفوهاتنا بصورة شبه كلية كما هو الحال بالنسبة لأكثرية مخاريط جبل العرب وحوران وجبل الحص .

أما لابة المسكوبات Coulées فهي أكثر الصخور البركانية مقاومة . فهي تتعرض للحت نوعا ما على أطرافها لأن بنيتها كثيرة الفصات وتشقق على شكل موشورات عمودية تسمح للحت بأن يجزئها إلى أعمدة شبيهة بأنابيب الأرغن ، والتي لا يزال منشؤها موضع نقاش . أما على السطح فتتعرض اللابة أولا لتخريب تفاوتات سطحها بفعل التشطي والتجزؤ وتشكل التربة . وهكذا تصبح أكثر المسكوبات خشونة ، مع تقادم الزمن والهرم ، تصبح مسكوبة منسجمة بل وقابلة للزراعة إذا كان المناخ يسمح بذلك كسهول حوران مثلا . أما إذا كان المناخ جافا فتحافظ على خشونتها الأولية لمدة طويلة كالخرات في شرقي جبال الحجاز وبحوار المدينة المنورة . وتكون المسكوبة الحديثة ، الكثيرة الشقوق دوما ، شديدة النفاذية للماء ولكن ما أن تصبح هرمة حتى تسطم الانقراض شقوقها وتغدو اللابة كتبة إلى حد ما حتى أنها تصلح لتخزين الماء كما في البرك في مدن جبل العرب أو في بصرى في حوران .

غير أنه بالرغم من ظهور المواشير البازلتية على أطراف المسكوبة ونشوء تربة تفسخية على سطحها فإن المسكوبة تقاوم عوادي الحت في مجملها .



( شكل ٦٠ ) - انقلاب التضريس البركاني . ع ع : نبع

في الأعلى بركان حديث . بالأسفل بركان قديم . ١ - لابة . ٢ - مارنيات . ٣ - غبث

ويؤدي عمل الحت فيها إلى انقلاب التضريس البركاني ( شكل ٦٠ ) ففي البداية تسلك المسكوبة في الميل الأعظم باعتبارها سائلا وتخضع للثقالة ( الجاذبية ) . فهي تجنح إذن إلى احتلال قيعان الأودية حيث تستطيع فعلا تشويش الشبكة الهيدروغرافية ( المائية ) قاطعة الطريق أمام الأودية الرافدة التي كانت تصب في الوادي الرئيسي الذي انساحت فيه وبذلك تشكل بحيرات السد البركاني ، كبحيرة عايدات في منطقة أوفيرنيه Auvergne أو بحيرة قطينة في سورية أو مستنقعات الغاب سابقا ، وبحيرة طبرية . ولكن المسكوبة لا تلبث أن تبرز للأعلى ، لأن الأرض التي استقرت فوقها أصبحت مصفحة بالبالزلت أي بالمسكوبة ذاتها ، في حين أن الحت يعمل بسهولة أكبر في الصخور غير البركانية الواقعة على طرفيها . وهكذا تصبح المسكوبة ، التي كانت تحتل النقاط المنخفضة ، تصبح الجزء العالي في المنطقة . وبالإضافة إلى ذلك تتحول إلى تلاع منعزلة ذات قم منبسطة تدعى ميزا mesa ، وهي كلمة

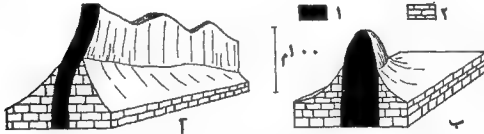
إسبانية تعني طاولة ، كالميزات الواقعة إلى الشرق من حواء وميزا جبل شبيث جنوب شرق حلب ، وميزا دامر الكبرى والصغرى بجوار بلبل شرقي ميدان اكبس .

هذا ويعمل الحت التفاضلي بواسطة التحفزية déchaussement لأنه يكشف اللابات الباطنية عندما يحث بسرعة في الصخور غير البركانية أو في الرماد الذي يغلف الصخور البركانية . وهكذا تخرج البنى الداخلية للعيان .

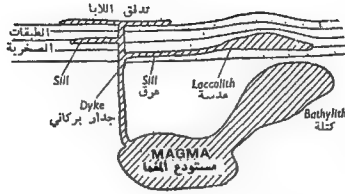
وفي الواقع يقوم الحت بكشف جذور البراكين . فتحت بركان ظاهري توجد مدخنة أو أكثر مليئة باللابات . وتنغرس هذه المداخن ضمن الصخور السفلية على شكل أصابع قفاز ، وفي بعض الحالات تملأ اللابة انكسارا بكامله أثناء صعودها كما تستطيع هذه اللابة أن تتسلل بين طبقتين رسوبيتين . كما قد تتمكن من إنهاض هذه الطبقات الرسوبية على شكل قبة مثل جبل الشيخ بركات قرب دير سمان العمودي جنوب غرب حلب .

وتطلق كلمة دايك dyke على الحائط اللابي الذي تقولب ضمن كسر ( شكل ٦١ ب ) . كما تطلق كلمة عقب Culot أو نك neck على المدخنة اللابية التي كشفها الحت التفاضلي ( شكل ٦١ ب ) .

ويؤلف عقب أحيانا عمودا عاليا يسبب الدوار فاستغل بعضها كواقع



( شكل ٦١ ) - مجسم لدايك ( أ ) لعقب لابي ( ب ) . ١ - لابة ، ٢ - مارنيات .



شكل (ع)



(شكل ٦٢) - السيل (أ) واللاكوليت (ب)

لقلاع محصنة كما في كثير من الحالات في منطقة أوفرنيه Auvergne الفرنسية .

أما السيل Sill فهو القالب الذي اتخذته اللابة في مستوى تطبقي (ستراتيغرافي) مفصول بطبقتين رسوبيتين (شكل ٦٢ أ)، على أن الجرس البازلتي أو العدسة البازلتية أو اللاكوليت Laccolite هو انتفاخ اللابة الذي أنهض الطبقات الرسوبية على شكل قبة كجبل الشيخ بركات المذكورة آنفا (شكل ٦٢ ب) .

هذا وتؤلف التخريبات العنيفة مصدرا آخر للتعقيدات المورفولوجية . ويمكننا إيراد حالتين هما : الانفجار والانهيار البركاني .

فالانفجار يؤدي لنسف جزء كامل من بركان ويشكل تجاويف دائرية

تصبح مهدا لبحيرة كهيرة مسعدة في الجولان وبحيرة بافين Pavin في أوفيرنيه الفرنسية . ويجدر بنا أن تشير إلى أن فوهات مخاريط الحبث الحشن لا تحوي على بحيرات نظرا لشدة نفاذية الحبث . ولكن إذا نفذ الانفجار إلى الركيزة الكتية تحت البركان فعنى ذلك أنه وصل إلى نطاق كتيم يستطيع الماء أن يرقد فوقه .

ولفوهات الانفجار قطر يندر أن يتجاوز الكيلومتر الواحد . ويجب علينا أن نميز بحيرات الفوهات هذه عن بحيرات السد البركاني .

هذا وتكثر الانهيارات effondrements في البراكين . وفي الواقع يوجد تحت كل بركان خزان من المواد البركانية الذي تفرغ شيئا فشيئا أثناء الثوران . أي لم يعد البركان بعد خموه محمولا فوق قاعدته وقد ينهار جزئيا . وينتج عن ذلك أيضا تجويف دائري يكون عموما أكبر بكثير من فجوة فوهة الانفجار . وتتسبب فوهات كبار البراكين في جزر هاواي إلى هذا النموذج لأنها تبدو وهي فاعرة فوهاها ضمن أكداس اللابات ، وهناك أيضا فوهات انهيارية في براكين اللابة الحامضة ، مثال ذلك بحيرة تويا Tova في اليابان ، لأن هذه الفوهات تمتلىء بالمياه أيضا وربما يعود حوض ميناء عدن المستدير إلى نفس المنشأ .

هذا ويطلق على فوهات الانهيار وفوهات الانفجار أحيانا اسم كالديرا Caldeira .

### خامسا - بعض النماذج الكبرى عن البراكين المعقدة

تخلق الانهيارات والتصدقات emboîtements والعمل الحتي المتقدم مجموعات أشكال تقودنا إلى تقسيم التضاريس البركانية المركبة إلى نماذج عديدة .

١ - الطراب Trapps : تطلق عبارة طراب على أكداس مسكوبات اللابة الرقيقة والمائعة . فقد نجد أربعين مسكوبة متنضدة سمك كل واحدة منها خمسة أمتار . وتكون هذه المسكوبات مفصولة عن بعضها البعض أحيانا بنثير خفيف من الرماد بحيث نكون أمام بنية شديدة التورق . وهنا لا نجد أي أثر لمخروط بركاني بل يعتقد أن مسكوبات الطراب قد تدفقت على شكل مائع جدا ابتداء من شقوق عمودية . وقد تخرقها بعض الأودية على شكل خوانق . وتؤلف الطراب مناطق واسعة كما في شمال غربي الدكن في شبه القارة الهندية وفي جبال البن .

## ٢ - البركان الكبير الهاوائي :

ويظهر على شكل قرص لابة متصلبة تنطلق من فوقها بين حين وآخر لابات حديثة مائعة . ويمكن أن يكون المجموع عظيم الرقعة لأن بركان مونا لوا يمتد على رقعة يبلغ قطرها ١٠٠ كم . ويرتفع إلى أكثر من ٤٠٠٠ م غير أن الميل العام يظل ضعيفا يتراوح بين ٤,٢٢ درجات و ٥,٤٨ درجات ، ولكن قد تحوي أكداس اللابة في بعض الأماكن على انحدارات تفوق ٢٠ درجة . هذا وتتعاقب على السفوح أشكال الآ والباهوهه . أما القمة فهي عبارة عن حوض انهباري واسع تثقبه بضع حفرات هي عبارة عن فوهات . غير أن اللابة لا تنطلق دوما من القمة ، بل تنبث من شقوق شعاعية من حولها ، كما في the Great Crack أو الشق الكبير في جزيرة هاوائي ، وتنتشر على شكل كتل كبيرة مائعة . وقد يتشكل أيضا مخروط خبث ولكن يظل حجمه قليل الأهمية نسبيا .

هذا وتتعدد طبغرافية الأرض أيضا بفعل تجاور براكين كبرى ، وهكذا تتألف جزيرة هاوائي من ست مجموعات بركانية تتقاطع خواصرها وتمتد فيما



بينها أودية كبيرة . واحد هذه المراكز الكبيرة هو بركان كيلوا Kilauea المتلاحم بشكل وثيق أكثر من البراكين الأخرى مع بركان مونا لوا ، وله فوهة انهارية فسيحة يبلغ قطرها خمسة كيلو مترات .

وعندما تتوقف الثورانات لا يتأخر الحث عن استرداد أرجحيته . وهذا ما يحدث في جزيرة كاواي ، وهي إحدى جزر هاواي ، حيث تنحفر في اللابة خنادق عظيمة ، مماثلة لخنادق المناطق الكلسية . ويزداد عرض هذه الخنادق أحيانا من طرف العالية على شكل مدرجات سيلية ، كما في جزيرة ماوي ، إحدى جزر هاواي . وهكذا يتطور الجهاز الهاوائي نحو تحزز يجعله في نهاية الأمر عبارة عن أصلاب échines مائلة مفصولة عن بعضها بأودية ذات خواصر شبه قائمة .

### ٣ - المخاريط المعقدة :

نادرا ما يكون المخروط منعزلا . فحتى بالنسبة لبركان صغير تقليدي فهو لا يحتوي على مخروط ذي فوهة فحسب بل يشتمل أيضا على مسكوبة بازلتية تنساب على العموم من قاعدته بين الأساس الذي يرتكز عليه البركان وبين كتلة الحث .

هذا وتتعدد الأشكال لأن المخروط نفسه يكون في أكثر الأحيان مؤلفا من تصندق emboitement عدة مخاريط . فالمخروط الأول يكون مشطورا من أعلاه بفوهة واسعة ، تكون أحيانا عبارة عن فوهة انفجار أو فوهة انهيار . ويؤدي ثوران جديد إلى ولادة مخروط خبيث جديد في هذه الفوهة الصغيرة ، في وضع متطرف أحيانا . ويتدد بين هذا المخروط وبين جدار الفوهة الكبيرة الموجودة سابقا منخفض دائري . تلك هي بنية بركان فيزوف . ففي فيزوف

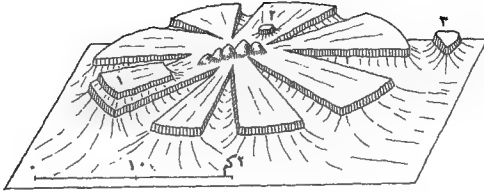
يبدو من المحتمل أن الفوهة الكبرى قد تشكلت عند ثوران عام ٧٩ ميلادي وأن المخروط المركزي نشأ بعد ذلك التاريخ . وتسمى قمة المدرج الخارجي *Somma* ، وتطلق عبارة *آتريو دل كافالو* Atrio del Cavallo على المنخفض شبه الدائري الواقع بين هذا المدرج وبين المخروط المركزي ، والذي يحمل اسم فيزوف الحقيقي .

٤ - البراكين الكبيرة ذات البلانيز ( البراكين المتطبقة ) ( نموذج اتنا ، كانتال ) :

لا يكون البركان الكبير التقليدي عبارة عن مخروط كبير معقد فحسب بل يتشكل أساسا من مسكوبات كبيرة تتناوب مع كتل من الخبث . أما السطح العلوي فعبارة عن منظومة من الانحدارات الشعاعية يتألف هيكلها من المسكوبات والتي تستطيع الأودية المنطلقة من المركز أي البرانكو barrancos أن تحزرها .

فالجزء من المسكوبة الواقع بين واديين متعمقين يصبح نوعا من هضبة مائلة تدعى *البلانيز* *planeze* . ومن زاوية النظر من السطح فإن *البلانيز* تتخذ شكل مثلث يتجه رأسه نحو العالية أي نحو مركز الصرح البركاني ( شكل ٦٣ ) . هذا ولا تتشكل *البلانيز* بوضوح إلا إذا كان التطور متقدما ، ولكن من النادر جدا ، وذلك حتى في حالة بركان فيي ، أن لا نرى ملاحظتها مرسومة بين المسيلات التي تعمقت نوعا ما .

ويعتبر بركان *أتنا* بركانا كبيرا لازال ناشطا ولكنه على درجة من الهرم سمحت للحت أن يقطع في اللابات المحيطة به واديا هاما هو *Le Valle del Bove* لافالديبلوف . أما *كنتال* فهو بركان أكثر قدما ، خامد ، شديد التشريح بحيث لم يبق من البركان القديم سوى هيكله : أي *بلانيزات* منفصلة



( شكل ٦٣ ) - مخطط نظري لبركان ذي بلانيز

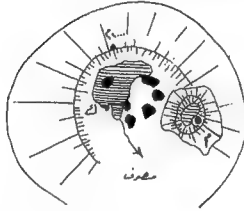
لاحظ الأودية الشعاعية والبلانيز الثلاثية ، والقمم المركزية التي هي عبارة عن عقوب متخلجة عن مداخل قديمة . في ١ و ٢ شاهدان عن مسكوبات عليا اجثها الحت من المناطق الأخرى . ٣ - ثلثة شاهدة من لابة تشير إلى اتساع السكوبة القديم .

عن بعضها بوديان جمودية شعاعية ، وعقوب في مواقع المداخل ، ودايات ملأت شقوق الكسور القديمة . غير أن العناصر الطرية تظل عندما تكون مستحثة كحال الحثب والرماد المحفوظين تحت المسكوبات .

##### ٥ - الأشكال المعقدة الفولكانية - البيلية ذات الكالسديرا :

يكون للعضويات البركانية الكبرى من النموذج الفولكاني - البيلي ، كتلك التي نجدها في اليابان ، يكون لها مساحة تتراوح بين ١٠٠٠ و ٨٠٠٠ كيلو متر مربع . وتتألف من كالديرا مركزية ومن كالديرات ملحقة ، ومن مجموعة نقاط ثورانية ( فوهات ، قباب ، مسلات ) واقعة على حافة الكالديرات ، ومن إطار هامشي على شكل خاصرة مخروط تهبط من كل الجهات نحو الخارج باغدار لطيف مقعر ( شكل ٦٤ ) . وتتألف هذه الخواصر الخارجية من رماد ومن خفان متاسكة أحيانا مع بعضها أو منفردة . أما الكالديرات الوسطى فقد تكون مشغولة ببحيرات أو حتى بمياه البحر مثل كالديرا عدن حيث قامت فيها مدينة عدن والميناء وأهم حي فيها لا يزال يحمل اسم حي الكراتر ونجد في

● . ملات أو قباب لايبة ● بحيرة



( شكل ٦٤ ) - معقد بركاني ذو كالديرا

معقد بحيرة كوتشارو في اليابان . لاحظ أن المخروط ( م ) ذاته كيف يبدو مبقورا بكالديرا هي كالديرة ماشو المصدقة في الكالديرا الرئيسية ، أي في كالديرة بحيرة كوتشارو ( ك ) . وقد انبثقت ملات أو قباب لايبة بعد تشكل كل كالديرا . وتؤلف إحداها جزيرة ضمن البحيرة .

سورية بركاناً من النمط المعقد ذي الكالديرا وهو بركان منخر الغربي الواقع إلى الشرق من الرقة .

هذا ولا يكون لبعض البراكين الفولكانية - البيليه وضوح الأجهزة البركانية التي تضم كالديرا وقبابا ومنحدرات خارجية خفانية . كما لا تحوي بعضها سوى قسم مركزي غامض المعالم : تلك هي البراكين الركامية Cumulo - Volcans وهكذا يبدو جبل بيليه ، وجزيرة إيشيا في خليج نابولي والتي يهين عليها مخروط إيبوميثو Epomeo ، أو مجموع جزيرة ليباري الحامد ، تبدو جميعا وكأنها أكداس لا شكل لها من القباب اللاية ومن كتل الخفان الأبيض ويسميه العوام الزبد ، ومن دفعات من لابات حامضة فاتحة اللون أو من صخر الأبسيديان وتتجاوز قمم من الخفان الأبيض الباهر مع قباب من اللابة .

ونرى من خلال هذه الأمثلة أن للبراكين أشكالاً تختلف جداً عن المخروط التقليدي البسيط التي تمتد من خاصرته مسكوبة لايية . ويندمج البركان في تطور مورفولوجي يقوم بالهدم بفعل الحت والذي يؤلف كالديرات ، ومن ثم يبني ضمن الأشكال التخريبية . كما قد يكون منخفضاً كلياً بالتكتونيك العام في منطقته ، حتى قد يتعرض لاجتياح بحري ، فيتغطى بصخور رسوبية بحيث يصبح مستحاثاً بانتظار نهوض جديد يكشف من جديد بنية البركان القديم الشديد التعقيد ، والمغلف بزمرة رسوبية متنافرة فوقه وهنا يدعى البركان المنبوش .



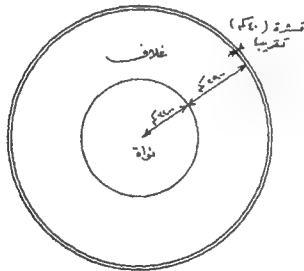
## الفصل السادس

# تركيب القشرة الأرضية تشكل السلاسل الجبلية ، والركائز والأحواض

مقدمة : لقد ترمضنا في الفصول السابقة لدراسة المواد التي تتألف منها الجبال والسهول ولكن لم نتساءل مطلقا عن أصلها ولا عن الحركات التكتونية المولدة للتضاريس : والآن سنتصدى لهذه المسائل .

### أولا - النواة ، الغلاف ، القشرة

تتألف الأرض ابتداء من مركزها حتى سطحها من العناصر التالية  
( شكل ٦٥ ) :



( شكل ٦٥ ) - الطبقات الثلاث المتحدة للمركز في الكرة الارضية

- من النواة ويبلغ نصف قطرها ٣٤٠٠ كم تقريبا ، وهي من طبيعة غير معروفة بدقة ، فهي ليست مؤلفة من نار مركزية ، ولا بحالة انصهار ، ولا صلبة .

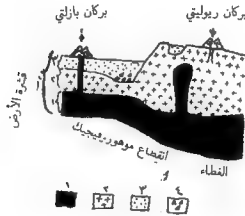
- من غلاف يغلف النواة ويقارب سمكه حوالي ٢٩٠٠ كم أنه يتألف من مواد اساسية basiques جدا .

- من قشرة ذات سماكة متبدلة جدا قد تصل الى ٤٠ كم . ويسمى السطح الداخلي الذي يفصل الغلاف عن القشرة انقطاع مورهوروفيجيك . أما القشرة فتتشكل بدورها من ثلاثة نطاقات ( شكل ٦٦ ) :

- نطاق سفلي يدعى النطاق البازلتي .

- النطاق الثاني ويسمى النطاق الغرانيتي .

- النطاق الثالث فوق الطبقة الغرانيتية ، ضعيف السماكة والتي تختلف كثيرا من مكان لآخر ، ويدعى الطبقة الرسوبية وهي غير متصلة وغير شاملة .



( شكل ٦٦ - العلاقات بين مختلف اجزاء القشرة الارضية :

١ - الطبقة البازلتية ٢ - الطبقة الغرانيتية ٣ - الطبقة الرسوبية ٤ - قسم من الطبقة الرسوبية أخذ في الاستحالة .

فللنطاق البازلتي نفس التركيب في صخور البازلت التي تصدر عنه عن طريق صعود المواد المصهورة بعد أن تخترق الطبقة الغرانيتية . ولكن الصخر الذي يتألف منه النطاق المذكور لا يكون له بالطبع ، في الأعماق ، بنية البازلت ، لان البازلت ينتج عن انطلاق سريع للغاز ، الامر الذي لا يمكن ان يتحقق في الاعماق . وتدعى هذه الطبقة البازلتية أيضا السجما لأن عنصرها الرئيسيان هما السيلسيوم والمغنزيوم .

النطاق الغرانيتي أو السيال ، لان السيلسيوم والألنيوم هما العنصران الرئيسيان فيه ومنه يتشكل الغرانيت . ويتألف في قمه الاعلى من الغرانيت المتشكل بعد تبرد بطيء وتبلور كامل .

وتفسر البراكين بكسور تسمح بمرور مادة القشرة . فاذا كان الكسر ينزل مباشرة أو بصورة غير مباشرة حتى مستوى الطبقة البازلتية ، فنكون أمام بركان أساسي . أما اذا لم يهبط الكسر لأكثر من الطبقة الغرانيتية فان البركان يتألف من لابات حامضة فاتحة اللون ، كصخور الريوليت .

وتختلف السماكة الكلية لهذين النطاقيين من القشرة من منطقة لأخرى . وفي الاجمال تكون هذه السماكة أكبر تحت المناطق الجبلية مما هي تحت السهول والمحيطات . ويبدو أن القشرة تنعدم تماما تحت المحيط الهادي .

ويتألف النطاق الرسوبي ( الذي يدعى أحيانا الخطامي ) من صخور صادرة عن تهديم الصخور السابقة الذكر : وتتألف من الصخور الرسوبية بالمعنى الضيق ، ومن لحقيات ، ومن توضعات مختلفة ، ولكن قد تخترقها صخور قادمة من النطاق الغرانيتي أو من النطاق البازلتي بواسطة التسلل ( صعود المادة داخليا ) أو بواسطة الانسياب البركاني . كما تضم الصخور الرسوبية ، من ناحية أخرى ، صخورا مشيدة كالصخور الكلسية المرجانية . وفضلا عن ذلك



تستطيع الاستحالة ( الفصل الرابع ) ان تحول العناصر الرسوبية الى صخور ماثلة جدا لتلك التي يتشكل منها النطاقان الغرانيتي والبالزتي .

هذا وتكون سماكة النطاق الرسوبي أكثر تبدلاً من سماكة النطاقين السالفي الذكر . ففي بعض الأمكنة وخاصة فوق حفر المقعرات الارضية géosynclinal حيث جرى ترسب شديد ، فان سماكة رسوبية تبلغ ١٠٠٠٠ م هو امر ممكن ، كما هو الحال في السهل الرسوبي العراقي ، ولكن قاع رقعة رسوبية عميقة كهذه يجنح الى الاستحالة والى تحول محتوياته لصخور ماثلة لتلك التي نجدها في الطبقة الغرانيتية . ولكن النطاق الرسوبي قد ينعدم كليا ، وفي هذه الحالة ، تتكشف الطبقة الغرانيتية للعيان كما في غربي هضبة نجد أو في قلب الصحراء الكبرى .

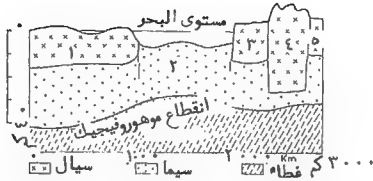
#### ثانيا - التوازن السیالي isostatique

تكون القشرة الارضية أقل كثافة في الكتل الجبلية مما هو الحال تحت السهول ، وتكون أقل كثافة تحت السهول من كثافتها تحت المحيطات . أي أن كل شيء يتم كما لو كانت كتل القشرة الأرضية تطفو أكثر كلما كانت كثافتها أقل ، شبه مكعبات من الخشب موضوعة فوق بركة ماء تغوص أقل كلما كانت مصنوعة من خشب ضئيل الكثافة كالشوح مثلا . وهكذا نشأ مفهوم التوازن الهيدروستاتيكي أو كما يقال السیالي isostatique بين اجزاء قشرة الأرض ( شكل ٦٧ ) .

هذا ويمكن ان يختل التوازن السیالي isostatique في الحالات التالية :

١ - عند تشكل سلسلة جبلية .

٢ - اذا عمل حت عنيف على تخفيف كتلة جبلية بفعل كشط الصخور



( شكل ١٧ ) - الكتل القارية والكتل المحيطية

وتتألف القطع رقم ١ ، ٢ ، ٣ ، ٤ ، ٥ من السيل . انما الجنت « cratons » اي الكتل القارية بما في ذلك الكتلة رقم ١ المستورة مع ذلك جزئيا بالبحر ، ولكنه بحر ضحل . ونلاحظ ان الكتل الجبلية ، وهي التي تعوم أكثر من سواها ، مثل كتلة رقم ٤ ، تكون الاكثر سماكة وايضا أقلها كثافة .

أما الكتلة رقم ٢ والمغطاة بحيط فهي عبارة عن كتلة عيطية ، مؤلفة من السيل . لاحظ ان السيل تشكل ايضا ارضية مشتركة للكتل القارية التي فوقها نوعا ما . وقد أغفلنا تمثيل الطبقات الرسوبية بقصد التبسيط والتي تغطي هذه الكتل في بعض الاماكن .

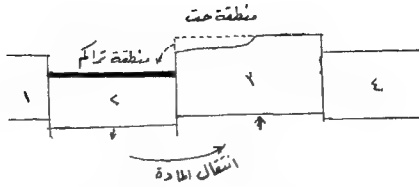
التي راحت انقاضها تتكدس فوق كتلة اخرى واقعة تحت مياه المحيط بفعل عملية النقل والترسيب .

٢ - اذا ادى تسخن مناخي الى تذويب قبة جليدية سميكة تغطي كتلة برمتها مثل أرخبيل « جزيرة » غروئنلندة مثلا .

وعندئذ ينجح التوازن الى الاستقرار بواسطة الحركات العمودية ، فإن الكتلة المتخففة تخرج نحو النهوض بينما تتجه الكتلة الثقيلة نحو الغطس ويجب ان تنتج عن ذلك حركات تعتري المواد السائلة الموجودة تحت القشرة ( شكل ١٨ )

أما حالة تخفيف ناجم عن ذوبان الجليد ، أو الحركة الجودية المغيرة لمستوى البحار<sup>(٢٦)</sup> فقد درست عن كثب في اسكاندينافيا ، حيث حدثت حركة

(٢٦) فقرة ٤ الفصل الثاني



( شكل ١٨ ) - عخطط لحركة تعويض في التوازن السبالي

١، ٢، ٣، ٤، كتل من القشرة . اللون الاسود ويشير الى رسوبات قعدت من حث القشرة من الكتلة رقم ٢ المتخلفة فتجنح نحو النهوض .

ايجابية منذ اختفاء القبة الجودية الرباعية أي منذ قرابة عشرة آلاف سنة . ولا زالت الحركة مستمرة حتى أيامنا هذه بمعدل متر واحد في كل قرن حتى أن عمق الموانئ في خليج بوتني قد تناقص بشكل يلفت النظر مما ادى الى عرقلة الحركة الملاحية . هذا وتتجاوز السعة القصوى لهذه الحركة ٢٥٠ مترا وكانت نتائجها المورفولوجية عظيمة لان شكل بحر البلطيك قد تغير عدة مرات خلال النهوض المذكورة . وقد تعرضت كندا الشرقية لحركة مماثلة .

هذا ويكون استقرار الكتل السبالية متبدلا جدا وتطلق تسمية بحن أو ترس bouclier أو craton على الكتللة المستقرة نسبيا والمؤلفة من سيال<sup>(٢٧)</sup> . كما يقال بأن هذا الحن عبارة عن كتلة bloc قارية حتى ولو كان مستورا بالبحر ، لان البحر يكون حينذاك ضحلا وان قعره لا يجنح للغوص بسرعة كحال خليج قابس في شرقي تونس ، مثالا يعتبر بحر الشمال

(٢٧) هناك خطأ شائع لدى الكثير من الجيولوجيين والجغرافيين في العالم العربي وهو اطلاق عبارة « درع » على الكتل الواسعة الصلبة التي تدعى Shield بالانكليزية bouclier بالفرنسية والصحيح هو ان ترجم بكلمة ترس أو بحن وهكذا نجدهم مع الأسف يكتبون « الدرع العربي » أو « درع القوات المسلحة »

والمناش جزءا من مجن . وعلى العكس يعتبر الجيوفيزيائيون الرقع المحيطية الحقيقية هي المؤلفة من السبا . ويجنح قسم من الرقع المحيطية بشكل واضح نحو الغوص : تلك هي المقعرات الارضية التي سندرسها في الفقرة الخامسة بعد قليل .

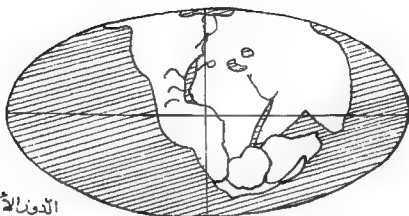
### ثالثا - نظرية انسياج القارات .

كان العالم الالماني فيغنر Wegener هو الذي صاغ نظرية انسياج القارات سنة ١٩١٢ والتي تقول بأن القارات التي تبدو اليوم منفصلة عن بعضها البعض ، كانت متلاحمة على شكل قارة واسعة ، وحيدة ، او urkontinent مؤلفة من السبال ومن ثم تجزأت . وهذه هي التي انتقلت من اماكنها السابقة كي تحتل الوضع الحالي ( شكل ٦١ ) . هذه النظرية التي لاقت رواجا كبيرا بين ١٩١٢ و ١٩٢٥ افادت كثيرا لتفسير تشكل السلاسل الجبلية . اما اليوم فهي مثار جدال ونقاش ويفسر تشكل الجبال ، على العموم ، بتضافر عدة نماذج من الحركات .

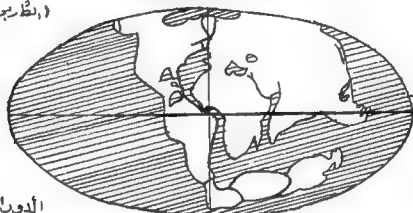
### رابعا - تشكل السلاسل الجبلية :

تطلق تسمية سلسلة أو على الوجه الاصح سلسلة الالتواء على تضريس ذي بنية معقدة ، ولا سيما التضريس الذي اصيبت صخوره بضغط جانبي تمخضت عن طيات متفاوتة في تعقيدها . ومرت العادة على استخدام عبارتي تكوين الجبال orogénèse او تكوين البناء tectogénèse للدلالة على ولادة سلسلة الالتواء .

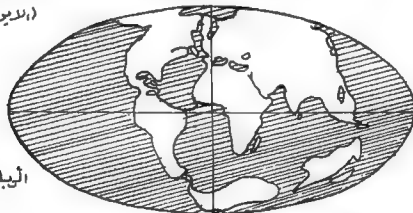
فلسلة ملتوية كجبال الالب يمكن ان تكون قد التوت قبل ان تنهض أو في نفس الوقت الذي كانت تنهض فيه . وبالواقع تم ولادة سلسلة جبلية عموما على عدة مراحل .



الدور الأول  
(البرميوسين)



الدور الثالث  
(اللايوسين)



البداعي القديم

## توزيع القارات (عن فخر)

(شكل ٦٩)

وسيكون اذن من الجوهري ان نيز ، في كل ما سيأتي ، عمر تشكل الصخور وعمر تشكل الحركات الرئيسية التي تعترى هذه الصخور وتاريخ الجبل بعد عصر الحركات الرئيسية . ولكل سلسلة جبلية سيرتها ، كما قال استاذنا بيار بيرو P. Birot .

وعلينا ان نيز نماذج مختلفة في السلاسل ، ولكن بعض الظواهر تتكرر في عدة منها ، وخاصة الطية pli وغشاء الجرف nappe de charriage ( شكل ٧٠ ) . وتطلق عبارة طية على كل تموج ملحوظ يعترى الطبقات الجيولوجية ، فطية ما يمكنها ان تكون معقدة بصورة متفاوتة ، وقد تكون رزمة من الطبقات مقصصة بحيث تمر فوق طبقات اخرى ، تلك هي حالة التراكب أما اذا اخذ التراكب مدى واسعا واذا ما تدفق غشاء مؤلف من بضع طبقات فوق طبقات اخرى ، على مسافة بضعة كيلو مترات أو عشرات الكيلو مترات ، فعندها نسميه غشاء جرف . وقد نشأ مفهوم الجرف بعد ملاحظة صخر قديم مستقر فوق صخور احدث ، وهذا الاكتشاف أجبر العلماء على

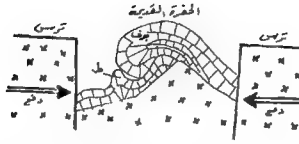


( شكل ٧٠ ) - طية ، تراكب ، جرف

في أ طية . في ب تراكب chevauchement . في ج جرف وقد اندفق الغشاء ج ع فوق سطح انقلاع س س' فوق الصخور المحلية .

١ الى ٥ طبقات مصنفة حسب النظام التاريخي لتشكلاها .

لاحظ أن السطح الطبغرافي يمكن ان يكون كيفما اتفق ، هنا أفقيا مثلا ، وعبارة كل من طية وجرف تنطبقان على بنى Structures وليس على أشكال أرضية ، والتي هي نتيجة الحت الذي أعقب تشكل الطبقات .

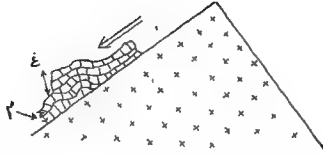


( شكل ٧١ ) - تشكل سلسلة البنية استنادا لنظرية الارتصاص لاحظ الطية ط والجرف

الاعتقاد بأن الصخر القديم لا يمكنه أن يرقد فوق صخور أحدث الا بفعل اندفاق الغشاء الرسوبي .

ترى ما هي القوة التي تلوي ، والتي تعمل على تراكب الطبقات ، أو على جرف الطبقات الجيولوجية ؟ لقد تذرّع العلماء بفكرة حركات الدفع الجانبية ، أو المماسية ، ومن ذلك جاءت نظرية الارتصاص serrage ( شكل ٧١ ) . وفي هذه الحالة يجب حينئذ ان نتعرف على قوة الدفع وتقدم نظرية الانسياج لنا احدى هذه القوى . فقارتان صلدتان ، نسمي كل واحدة منها ترساً môle ، ترصّان ، عند اقترابها ، رسوبات مرنة ، أو قد ترصّان رزمة من صخور متبلورة صلبة ، ولكنها منفصلة عن جذرها بفعل الجهد الحاصل نتيجة الضغط الجانبي . فتشكل جبال الألب يفسر بحركة ترس ، كان يحتل مكان سهل البو p6 الحالي ، باتجاه الكتلة المركزية الفرنسية ونحو كتلة بوهيميا . وهكذا تشكلت اغشية جرف مؤلفة من صخور رسوبية او متبلورة<sup>(٢٨)</sup> وإلى جانب نشوء السلاسل بفعل هذه الدفعات المماسية ، اضيف فيما بعد تفسير الكثير

(٢٨) الالتواء لا يكون الا في الصخور الرسوبية وعلى درجة أقل بكثير في الصخور الاستحالية أما الصخور المتبلورة كالغرانيت مثلا فلا تتحمل الالتواء اطلاقا بل تتكسر ومن ناحية اخرى لا يحدث الالتواء تحت سطح الماء الذي يمنع الطبقات الرسوبية المرنة الكثافة .



( شكل ٧٢ ) - تشكل طبقات وحوادث جرف حسب نظرية تكتونيك الثقالة : هنا نجد رزماً من طبقات تنزلق فوق خاصرة كتلة ناهضة . فالرزمة م التوت . اما الرزمة غ فقد اقتلعت وانزلقت فوق م ( المحلية ) وشكلت غشاء جرف . بيد أن هذه النظرية لا تفسر سبب النهوض الذي يمكن أن يكون بدوره ناتجاً عن دفعة شاقولية أو جانبية .

من الطبقات والاعشبة بفعل انزلاق الثمالة gravité ( شكل ٧٢ ) فكثير من الطبقات والاعشبة انما انزلقت بكل بساطة بفعل الثقالة من النقاط العالية نحو النقاط الساطئة ، وهي نظرية تكتونيك الجريان ، او تكتونيك الثمالة التي ظهرت في عام ١٩٣٨ ولقيت رواجاً كبيراً ابتداء من عام ١٩٤٨ . فبعض الصخور كصخر الفليس ذي البصمات الدودية Helminthoides في جبال الالب الفرنسية الجنوبية ، قد جرت كلياً وكأنها كتلة من الزيت ، كما ان صخوراً أخرى سالت فوق طبقات غضارية لعبت دور سطح تشحيم زلق . وتكون حركة الصخور هذه ، بالطبع ، بطيئة للغاية ، وحياتنا التي تمتد لبضع عشرات من السنين تبدو مفرطة القصر بالنسبة لمشاهدة ذلك . فنحن في وضع عالم لا يعيش سوى واحداً من المليون من الثانية والذي يتأمل امواج البحر ، فهو سيخلص بالتأكيد الى أنها عديمة الحركة<sup>(٢٩)</sup> ، ولكن لا يمكن نكران أن الاجسام الصلبة تتصرف كسوائل . فالصخور تشوه كقضب من الشمع ، الذي

(٢٩) يعود ظهور الانسان لحوالي مليون سنة ولكن عمر الأرض ٤,٥ مليارات سنة . فلو افترضنا أن تاريخ الارض اقتصر على سنة واحدة فمضى ذلك أن الإنسان ظهر في الساعتين الاخيرتين وكل الفترة التالية للميلاد لا تمثل اكثر من ١٥ ثانية اخيرة في السنة المذكورة اي يعادل عمر الانسان ٠,٦ من الثانية بالنسبة لعمر الارض الذي افترضناه سنة واحدة .



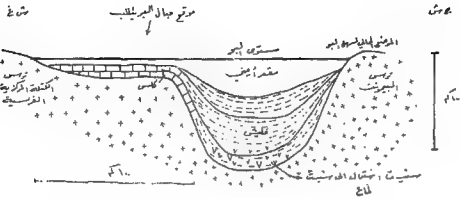
يبدو مظهره صلدا ، وضعناه فوق حاملتين ، والذي ينعطف في خلال بضعة ايام ، تحت وطأة وزنه الذاتي . وهكذا أمكن تفسير الكثير من التواءات وظواهر الجرف وكأنها انزلاقات ، تتم كتجعد قماش سميك كان ممدودا فوق طاولة ثم رفعنا طرف الطاولة من جانب واحد . وهكذا التوت طبقات الغراند شارتروز Grande Chartreuse في غربي جبال الألب وانزلقت على خواصر الكتل الوسطى المتبلورة في جبال الالب بينا كانت هذه الكتل آخذة في النهوض . وقد انجرف غشاء شابليه Chablais في حين كانت كتلة جبل مون بلان وهوامشه تتعرض للنهوض او كالتواء جبال زاغروس على أثر نهوض نواتها الغرائبية والاستحالية في ايران .

وهكذا نقبل اليوم بحركات الارتصاص والانزلاقات التي تعترى الطبقات على خواصر التضاريس الناشئة .

## خامسا - سلاسل طيات الغطاء وسلاسل المقعرات الارضية أو طيات القاع

في الحقيقة تكون طرائق الالتواء متعددة وعلينا ان نميز من السلاسل :  
- السلسلة التي أصاب الالتواء فيها الطبقات الرسوبية الرقيقة دون ان يعترى ذلك اعماق الارض او ركيزتها مثال ذلك جبال الجورا الفرنسية ، وجبال الاطلس الاوسط في المملكة المغربية والسلسلة التدمرية في سورية وجبال حمرين في العراق .

- السلسلة التي تشكلت طياتها بفعل ضغوط حصلت في الحفر الارضية السحيقة أي المقعرات الارضية géosynclinaux . ويبلغ طول المقعر الارضي عدة مئات من الكيلو مترات ويمتد عرضا على بضع عشرات من الكيلو مترات ويتصف قعره بحركيته . فقد غاص هذا المقعر واستقبل مقادير هائلة من



( شكل ٧٣ - تشكل سلسلة جبلية في المرحلة الأولى : الترسيب )

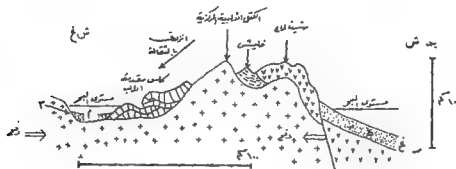
المهد الذي سيتحول الى سلسلة البية . مقطع في الدور الثاني قبل الالتواء . فعلى اليسار فوق موقع جبال ما قبل الالبال الفرنسية العديدة تتوضع الصخور الكلسية . والبحر هنا ضحل كما لا يمنع قاعه نحو الحفوس . على اليمين فوق موقع الحدود الفرنسية الايطالية يوجد مقعر ارضي . وهنا يكون البحر عميقا وينجح قعره نحو الانخفاض كما يتزايد سمك الطبقات كلما ازداد خضم القعر : وتتألف الرسوبات من صخور الفليس التي تتعرض للاستحالة في الاعماق كي تعطي صخور الشيست اللامع .

الرسوبات<sup>(٣٠)</sup> ، وخاصة من صخر الفليس ، قبل ان تتعرض الرسوبات المذكورة للالتواء وقبل ان تتعرض عموما ، ان لم نقل دوما ، لحركات الجرف .

وتختلف السلسلة التي تتشكل في مقعر ارضي عن سلسلة غطائية لا لأن الرسوبات الملتوية تكون سميكة جدا فحسب بل لأن قاع المقعر الارضي المؤلف من صخور أقدم من الطبقات المترسبة فوقه ، يتعرض ذاته للضغط التكتونية . وفضلا عن ذلك فان الرسوبات التي تتكدس في الحفرة تتعرض للاستحالة بسبب الانضغاط وشدة الحرارة . وهكذا نجد أن صخور الشيست اللامع عند الحدود الايطالية الفرنسية كانت عبارة عن صخور رسوبية

(٣٠) قال الامام الرازي : « الاشبه أن هذه المعمورة كانت في سالف الازمان مغمورة في البحر فيها طين لزج كثير فتحجر بعد الانكشاف وحصل الشقوق ( أي الارتفاع ونهوض الأرض ) بجرف السيول والرياح ولذلك كثرت فيها الجبال . وما يؤكد هذا الظن اننا نجد في كثير من الاحجار اذا كسرناها اجزاء الحيوانات المائية كالاصدف والحيتان » من كتاب شرح المواقف لابي بكر الرازي .

استحالت في اعماق المقعر في اواخر الدور الثاني وفي مطلع الدور الثالث



شكل ٧٤ - تشكل سلسلة جبلية في المرحلة الثانية : الالتواء

وهكذا نلاحظ ان من الشمال نحو الجنوب الشرق ، أي من اليسار الى اليمين الاجزاء التالية :

٢ - ذراع بحري سيتحول بعد قليل الى سهل الساون والرون .

٢ - جبال الالب التي تشتمل على :

أ. جبال مقدمة الالب ، سلسلة غطائية مؤلفة من صخور كلسية .

ب. الكتلة المركزية الألبية ( بلودون ، مون بلان ) والتي تمثل القاع المتبلور القديم في المقعر الأرضي .

بج - نطق فلیش ملتوی .

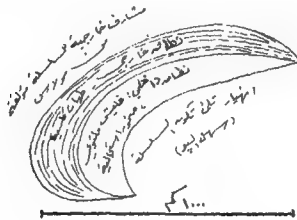
د - نطاق صخور شيست لماع ، وصخور استحالیه مجروفة .

٤ - في شرقي الالب ، حصل انهيار كبير ادى الى انخفاض ترس البيمونت piémont القديم ، فاحتله البحر وراح يرتدم بالانقراض المهابطة من جبال الالب .

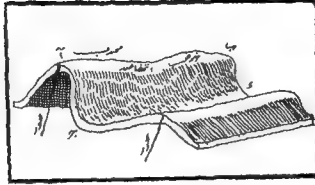
ونلاحظ أن عرض السلسلة أصبح ، بفعل الضغوط الجانبية ، يقل عن عرض الترسب الذي سبقها ونلاحظ أيضا أن جبال الالب ليست سلسلة مقعر ارضي ( جيوسكلينالية ) الا بصورة جزئية ( في الشرق ) . أما القسم الغربي ( مقعدة الالب ) فهي سلسلة من طيات غطاء .

اما في المقعر الارضي فميز قسما داخليا ، أي الجزء الواقع في داخل القوس الذي يرسمه شكل الحفرة ، والذي يكون منحنيا على العموم ، وجزءا خارجيا ، أي الجزء الواقع من الطرف الخارجي للقوس . فالنطاق الداخلي يتألف من صخر الفليس ، ومن صخور استحالية تشكلت في المقعر الارضي ومن صخور متبلورة اخرى هي اجزاء من قاع المقعر الذي نهض وتكسر نتيجة الانضغاط . اما النطاق الخارجي فيتشكل خاصة من صخور رسوبية لكسية غير متحولة . وقد تحصل حوادث جرف في كلا النطاقين ( شكل ٧٥ ) .

وبالاختصار نلاحظ نموذجين كبيرين من السلاسل الجبلية : نموذج الجورا ، وهي سلسلة مؤلفة من صخور رسوبية ملتوية وقد تحوي على تعقيدات تفصيلية ، ولكنها لا تعترى الاعماق ونجد مثلها في جبال الاطلس الصحراوي الجزائري وفي جبال حمرين في العراق والسلسلة التدمرية وجميعها مؤلف من طيات غطائية ، ونموذج جبال الالب ، حيث يكون جزء منها من اصل جيوسنكليينالي وتحوي على نطاق داخلي شديد التبلور ونطاق خارجي مؤلف من صخور رسوبية ، تغلب عليها الكلسية ، غير الاستحالية ، وهي



( شكل ٧٥ ) - وضع النطاقين الداخلي والخارجي في سلسلة البية نموذجية ( شكل مستو ) لم يُثل هنا القاع القديم للمقعر الارضي الذي انبثق واعطى كتلا مركزية متبلورة . وقد يظهر عند تماس النطاقين ، وحق في النطاق الداخلي .



( شكل ٧٦ - تعريف مختلف اجزاء الطية )

أ ب : مفصلة محدبة . ج د : مفصلة مقعرة . انخفاض : انخفاض المحور « سرج » . نهوض : نهوض المحور .

نموذج عن طيات القناع ، مثل هيمالايا وطوروس والاطلس الكبير في المملكة المغربية الخ ...

سادسا - تعريف بعض عناصر البنى الملتوية .

في كل سلسلة غطائية كجبال السلسلة التدمرية ، او جبال الجورا الفرنسية ، وايضا في بعض اجزاء السلاسل المعقدة كجبال الالب أو زاغروس أو طوروس ، نجد عناصر يبدو من المناسب أن ندرس بنيتها (شكل ٧٦) .

لنفترض ان امامنا زمرة متعاقبة من طيات منتظمة . فنطلق كلمة **مقعر synclinal** <sup>(٧٦)</sup> على النطاق الذي تميل فيه الطبقات من كل جانب نحو القسم الاوسط .

اما عبارة **محدب anticlinal** فتعني نطاقا تميل فيه الطبقات من اتجاه متنافر ، أي من جانبي القسم الاوسط .

أما **المفصلة المقعرة** ، والمفصلة المحدبة فهما الخطان اللذان يتغير ميل الطبقات عندهما . وبين المفصلة المحدبة والمفصلة المقعرة تقع **خاصرة الطية** .

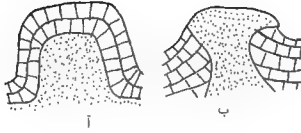
( ٢١ ) مأخوذة من الاغريقي *sun* ومعناها مع و *Kleinen* يميل .

اما منصف الزاوية المؤلفة من خاصرتي المحذب فيدعى المحور او بالاحرى مستوى الطية المحوري . واذا كانت الحاصرتان متناظرتين فان المحور يكون عموديا . بيد أن الطيات تكون احيانا غير متناظرة ، حتى ليكن ان تكون نائمة .

ومهما كان انتظام الطيات فان المفصلة المقعرة ( السنكليينالية ) والمفصلة المحدبة ( الانتيكليينالية ) لا تظلان دوما على نفس الطبقة الشاهدة ، وعلى ارتفاع ثابت ، بل يحدث ان نرى انخفاضات ( وهداث او سروج ) وانهضات او حدبات في المحور ، اي يعترى محور الطية ما يصيب حبلما متوجا اي تحدث عليه ظهور وبطون . وقد ينتج كلاهما احيانا عن تداخل قوتين تكتونيتين متوافقتين ( متزامنتين ) ولكنها متميزتين تحققتا في اتجاهين مختلفين ، وعندها نقول اننا تجاه تداخل interference هزمتين من الطيات . وعلى كل حال لا يستر محذب او مقعر على مسافة كبيرة الا فيما ندر . فاذا واكبنا محدبا ما فانه قد يتحول الى مقعر يتمدد بدوره بمحذب ثان وهكذا دواليك .

ملاحظة : ان كلمة مقعر لا تعني منخفضا . فقد تتألف قبة ما من مقعر ، رغم أن طبقاته تحوي على تشوه مقعر نحو الاعلى ، كما قد يشكل محذب ما منخفضا .

فكل الطيات ليست بمثل البساطة التي افترضناها ، فليس هناك في العالم مناطق متشكلة حسب الخطط النظري ، اي من تعاقب منتظم من طيات مستقيمة . فقد تكون الطيات احيانا مسكوبة deversés اي تخلق تضريسا وحيد الميل monoclinal كجبل قاسيون ، كما يمكنها ان تتخذ شكل مروحة ، او على شكل صندوق coffré ، اي ذات قبة مسطحة وذات جانبيين شديدي الميل كما لو كانا يتوجان هورستا (شكل ٢٧) . او على شكل قبة . هذا وقد تتخذ



( شكل ٧ ) - طية صندوقية ، ب : طية ثاقبة .

طبقة مرنة شكلا التوائيا مقروصاً en pincée في حفرة تجنح نحو الانغلاق كوادي هريرة إلى الشرق من بلودان ، واحيانا تكون الطية على شكل طية ثاقبة diapir ، اي ان طبقة مرنة منضغطة ، مثل طبقات البرموترياس الغنية بالملح ، تبقر المحذب وتنتشر فوق طبقات عليا من وجهة النظر التطبيقية ( الستراتيغرافية ) ( شكل ٧ ب ) . هذا وتحدث تراكبات اي صدوع مائلة تجمل كتلة تغطي أخرى ، او صدوع بسيطة تؤدي لتعقيد البنية ، كما هي حالة القسم الغربي من جبال الغراند شارتروز في الالب الغربية او في جبل عبد العزيز وجبل تربل قرب طرابلس .

واخيرا فان ظاهرات الجرف تمثل حالات قصوى من التعقيدات ، ولكنها ليست نادرة .

### سابعا - سلسلة جبلية تتحول الى ركيزة ( ترس )

لكي تتشكل سلسلة التوائية ما يجب ان تكون الصخور الملتوية مرنة ، فبعض الصخور ، كالغضاريات هي مرنة دوما ، في حين ان بعض الصخور الاخرى ، كالصخور الكلسية مثلا ، تكون مرنة اذا كانت تحت ضغط ما ورطبة ، وعلى عمق بضع مئات الامتار ، ولا سيما اذا كانت سافات الكلس سمكية ، اما الصخور المتبلورة فلا تكون مرنة الا اذا كانت تحت اعماق كبيرة .

وينتج عن ذلك ان تشكل سلسلة جبال تعتري سماكة بضعة آلاف الامتار  
يمكنه ان يصيب ايضا قسما من الصخور المتبلورة المرنة . ولكن بعد تشكل  
السلسلة فان الصخور التي سبق ان تعرضت للانضغاط وانحصرت بين بعضها  
البعض في تجمعات تكتونية ، اقول تستطيع هذه الصخور المذكورة ان تؤلف  
مجموعا صلبا . وهكذا نفسر كيف أن آخر مرحلة في تشكل السلسلة تكون  
عبارة عن حركة اجمالية دون التواء ، كالمراحل الحديثة التي منحت السلاسل  
المهبالاية وجبال الأند وجبال الألب ارتفاعها الحالي . فضلا عن ذلك فإن  
الجبال يمكنها عندئذ ان تنكسر ، وتنهض على شكل كتل صلبة مصدعة ، قد  
تتقاطع احيانا مع اتجاهات الطيات .

وبينا تأخذ السلاسل في العلو فان الحت يعمل فيها وينتهي به الامر الى  
سحبها وعندها تتحول السلسلة الى عتبة او سطيحة plate - forme أي الى  
ترس عاجزة عن تحمل التواءات ذات نصف قطر انحنائي ضعيف بل تكون  
مؤهلة فقط للتعرض لتشوهات ذات نصف قطر انحنائي كبير مصحوبة احيانا  
بكسور . وهكذا امكن مقارنة هذه الصخور المتصلبة بالزجاج ، بينا تكون  
المواد البدائية في السلسلة مماثلة لشفرات او لكتل من المطاط . ويقال ان  
السلسلة اصبحت ركيزة .

هذا ولم تتحول السلاسل الالبية ، التي يعود عمرها للدور الثالث ، لم  
تتحول بعد الى ركائز ، ولكن السلاسل البدائية السابقة للدور الاول كالسلاسل  
الكاليدونية الموجودة عند الحافة الغربية لشالي الاطلنطي والسلاسل الهرسينية  
التي اعترت طبقات الدور الاول قبل العصر الفحمي او احيانا قبل البرمي ،  
فهي عبارة عن ركائز كاملة أو تروس shields .

وهكذا ندرك كيف تتشكل القارات من تجاور وتلاصق سلاسل متعاقبة .



فكل سلسلة تقوم عند حافة القارة تتحول الى ركيزة . وتقوم السلسلة التالية بدورها عند حافة القارة التي تكسب اراض جديدة وهكذا دواليك . وعلى هذا نجد ان السلسلة الكالديونية الواقعة في اقصى شمال غرب اوربا قد تصلبت في اواسط الدور الاول ، بحيث أن السلسلة الهرسينية لم تستطع ، في اواخر الدور الاول ، ان تقوم الا الى الجنوب من ذلك ، وبعدئذ تصلبت السلسلة الاخيرة وتولدت السلسلة الالبية الى الجنوب منها . ولكن في الحقيقة يمكن ان تتشكل سلسلة جديدة ، كما رأينا ، فوق جزء قديم من الركيزة الذي يعود فيصبح غير مستقر ويفوص .

ان ركيزة ما يمكنها ان تكون مغطاة برسوبات ، متوضعة فوق القارة او تحت البحر خلال فترة عوم . وعندها نقول انها تحمل غطاء . هذا الغطاء يكون متنافرا discordante بالنسبة لها ويرقد فوق سطح حتي أي ليس هناك من تطبق متوافق يبر الطيات القديمة او جذور السلسلة القديمة ، كحال الغطاء الرسوبي الذي يغطي الركيزة العربية ابتداء من اواسط نجد ويمتد شمالا حتى اقدام جبال طوروس .

هذا ويمكن ان يرتفع جزء من الركيزة بفعل حركات انكسارية الى ارتفاعات شاهقة : وهكذا تولدت الكتل القديمة التي تعتبر جبال الحجاز وجبال البحر الاحمر في مصر والكتلة المركزية وجبال الفوج ، وجبال المانيا الوسطى ، وكل الجبال البريطانية وجبال الابالاش كأثلة عنها . ولم تنتج ارتفاعاتها عن انخفاض تدريجي حتى ٥٠٠ ، او ١٠٠٠ او ١٥٠٠ م من ارتفاعات بدائية كانت تبلغ ٦٠٠٠ أو ٧٠٠٠ م بل نتج بالاحرى عن نهوض بلغ ٥٠٠ أو ١٠٠٠ او ١٥٠٠ م نهوض اعترى سطحها سبق أن براه الحت حتى سوية سطح البحر احيانا . وقد تكون حركات الإنهاض exhaussement حديثة جدا .

ولهذا يجب تحريم كلمة جبل قديم التي كانت تستعمل بالماضي ، والافضل ان نقول كتلة تصلب قديم او للتبسيط كتلة قديمة massifancien . فعمر هذه الكتل لا يعود للدور الاول شأن حجارة الجامع الاموي في دمشق التي تعود للدور الثاني ، والواقع هو أن صخورها تعود للدور الاول او لما قبل الكامبري شأن حجارة مسجد بني امية التي تعود للدور الثاني ، ولكن الحركات التي منحتها ارتفاعها الحالي تعتبر حديثة وغالباً في الدور الثالث كالجامع الاموي الذي تم تشييده في القرن الثامن الميلادي . كما انه من خطئ الرأي الاعتقاد بأن كل سلسلة البية تبدو على شكل ذرا حادة وأن كل كتلة تصلب قديم لا تحوي سوى اشكالا ثقيلة عدية الرشاقة . وبالفعل فان اشكال الذرا الحادة لا تعود ، كما سرى ، للبنية بل الى نموذج حثي يلعب فيه الانجذاب دورا مهما . وهكذا يمكن للكتلة القديمة ان تحتوي على اعراف كحال منطقة بلاد الغال او في منطقة كمبرلاند الانكليزية . وعلى خلاف ذلك فان احدث جبال سوريا كتل الشيحان البركاني الرباعي او جبل المانع البليوسيني او تل أبو الندى فلها جميعا اشكالا شديدة الاستدارة . هذا كما أن الارتفاع لا يمكن اعتباره قرينة تسمح بمقارنة سلاسل البية بكتل قديمة : فجبال تيان شان التي تتجاوز ٧٠٠٠ م وسروات الحجاز وعسير التي تتجاوز ٢٠٠٠ م هي جزء من ركيزة منهضة بينما ان جبل حمرين الذي لا يتجاوز ارتفاعه بضع مئات الامتار يعتبر من حيث بنيته جزءا من السلسلة الالبية .

#### ثامنا - الاحواض الرسوبية

لقد رأينا أن ركيزة ما يمكن ان تكون منخفضة بفعل حركات اعقبت تسويتها وان تتغطى بالبحر . واذا كان تكدر الرسوبات يشير الى جنوح نحو الغوص ، أو نحو الانكسار subsidence كما يقال ، بحيث أن الركيزة تغوص

تحت توضعات سميكة ، فاننا نكون أمام حوض رسوبي كالحوض الباريسي او حوض حلب . واذا اصبح الحوض الرسوبي شديد العمق فانه يتحول الى مقعر ارضي geosynclinal كسهل العراق الادنى . ومن هذا نرى ان ركيزة ما يمكن ان تعود فتصبح قعر حفرة تحتضن وتتولد فيها سلسلة البية .

اذن هناك كل الاشكال الانتقالية بين ركيزة مغطاة قليل السماكة وبين حوض رسوبي وبين مقعر ارضي . وهكذا نستطيع ، حسب وجهة النظر الخاصة ، اعتبار هضاب الاطلس الاوسط الغربية وهضاب نجد الشرقية كأحواض رسوبية او كأغطية ركيزة .

هذا ويمكن ان تحصل في الاحواض التي يكون للرسوبات فيها سماكة متوسطة ، حوالي الف متر مثلاً ، ومرونة متوسطة ، أن تحصل التواءات ، ولكنها التواءات متواضعة دوماً ، وبلاد منطقة براى Bray او هضبة الجلالة في غربي قناة السويس من اوضح الامثلة عن هذا الطراز من الالتواءات اللاطئة .

تاسعاً - الكسر : نموذج عن حادث مشترك في السلاسل ، وفي الركائز ، وفي الاحواض الرسوبية .

يمكننا العثور على الكسور في كل الصخور سواء كانت رسوبية او لم تكن . فعندما يتجاوز الضغط التكتوني حد مرونة معين فان الصخور تتكسر .

وعلينا ان نميز الكسر التكتوني عن :

١ - الفصمة diacase .

٢ - عن كسر انشطار سطحي ناجم عن اختلافات الحرارة او عن الانجذاب .

ونميز بين الكسور التكتونية مايلي :

١ - الكسور الحالية من تفاوت المستوى التكتوني بين شفتي الكسر : وهي التخلعات fractures .

٢ - الكسور التي تكون مصحوبة بتفاوت مستوى تكتوني بين الشفتين ، تلك هي الصدوع او الفوالق failles . ونستعمل عبارة تفاوت مستوى تكتوني وليس تفاوت مستوى فقط لان فارق الارتفاع يمكن ان ينعدم في التضريس ، هذا اذا كان الحت قد سحج كل السطح ، كم سرى ذلك بعد قليل .

هذا وقد لا يؤدي الجهد التكتوني الى انقطاع بنيوي كامل بل يبدو فقط على شكل ثني ployage فجائي مع مط في الطبقات على طول مستوى الحادث accident تلك هي الثنية flexure التي تؤلف مرحلة انتقالية بين الصدع والطية .

وقد تنجم بعض الكسور عن زلازل : وهكذا نرى الارض وهي تتشقق ، واحيانا يتشكل صدع مع فاصل طبغرافي بين الشفتين : كما حدث في كالابريا الايطالية عام ١٧٨٣ وفي اليابان سنة ١٨٩١ حيث شوهدت حوادث مماثلة . ولكن الاغلب ان يتحرك الصدع ببطء ولا يبلغ الافتراق بين الكتلتين حده الاقصى الا بعد آلاف أو ملايين السنين شأن هبوط قاع البحر الأحمر فقد وجد تجاه ميناء جدة مستعمرات مرجانية على عمق ٥٠٠ م مع ان المرجان لا يتشكل إلا بجوار سطح الماء ، مما يشهد على هبوط مقداره نصف كيلو متر خلال شطر من الدور الرابع فقط . اذن علينا ان نميز تحويرات التضريس التي تحصل بفعل الحت والتراكم وذلك ليس بعد تشكل صدوع مماثلة بل ايضا اثناء تشكلها .

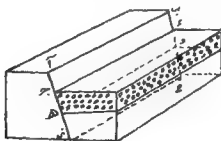
ولكن علينا قبل كل شيء تعريف بعض العبارات لدراسة الصدع باعتباره حادثا بنيويا .

١ - تعاريف (شكل ٧٨) : مستوى الصدع : انه المستوى الذي حدث على طوله انزلاق الكتلتين المتفاوتتي الارتفاع . ويندر ان يكون مستوى الصدع عموديا فالفالب ان يكون مائلا . وفي الواقع يمكن ان يكون للمستوى المذكور سماكة معينة ينطبق على نطاق الجرش broyage وحينئذ لا يكون عبارة عن مستو حقيقي بالمعنى الهندسي ، بل يمكن تمثيله بمستوى ، عندما نحاكم الامر على مقياس كبير . كما أن « المستوى » يمكن أن يكون سطحاً محروفا قليلا .

ويطلق احيانا اسم مرآة الصدع على جزء من مستوى الصدع المكشوف والمصقول بفعل الانزلاق .

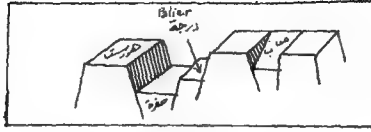
خط الصدع : اثر مستوى الصدع على السطح الطبغرافي .

الرمية : وهي قياس تفاوت المستوى التكتوني ، اي المسافة بين نقطتين شاخصتين repères ( مثلا نقطتان واقعتان على نفس المستوى السراتيغرافي ) واللتين كانتا على نفس المستوى على طرفين مستوى الصدع قبل تحرك الصدع المذكور . هذا وقد لا يكون مجموع الرمية مرئيا مثلا اذا حدث ردم فوق الجزء الخافس بصورة يحجب معها قاعدة مستوى الصدع . كما وقد تختلف قيمة الرمية ، أي مقياسها ، على طول خط الصدع .



( شكل ٧٨ ) : صدع

أ - رمية . ب - ح ز - مستوى الصدع . ج - د - خط الصدع . آ - د ب : نظارة الصدع .



( شكل ٧٩ ) - نماذج من الكتل « الحجرات » وحفرة - غراين  
ص ب : اصبع بيانو



( شكل ٨٠ )

نظارة صدع : وهي الجانب الذي تقع في اتجاهه الكتلة المنخفضة .  
وتستطيع بضعة صدوع ان تجزئ منطقة ما : فقد نرى حجرات تشكل  
درجات paliers ( صدوع درجية أو سلمية en gradins )<sup>(١)</sup> وحجرات  
منهضة بفعل الصدوع ( وتسمى هورستات ) ، وحجرات خافسة . وتعرف  
الحجرات الخافسة ، فيما اذا كانت ذات شكل متطاول ، بالحفرة التكتونية او  
بالحفرة الانهدامية أو غراين بالالمانية ( شكل ٧٩ ) . وتخصص عبارة حوض  
انهدامي لشكل اقل استطالة او اكثر تعقيدا ، ولكنها تستعمل ايضا عند  
الكلام عن حفرة وذلك عندما نكون في معرض التحدث عن الترسيب . امثلة  
عن الحفر : حفرة الغاب ، حفرة الغور ( شكل ٨٠ ) ، حفرة الرين الاوسط بين  
جبال الفوج والغابة السوداء .

( ١ ) ولها تطلق عبارة الفات ( ومعناها السلام ) على الجبال الانكسارية الواقعة قرب الساحل الغربي من شبه  
القارة الهندية .

٢ - الأنماط التكتونية في المناطق المصدعة : يمكن أن يكون مشهد منطقة مكسرة مختلفا جدا حسب الطراز التكتوني . فالكتل أو الحجرات المنفصلة بصدوع يمكنها أن تظل أفقية أو تكون مائلة ، فجبل الزاوية في إجماله يبدو كحجرة جانحة أنهضت بفعل صدع من الغرب ولكنها تقطس بلطف تحت رسوبات حوض حلب من الشرق وكذلك الحال بالنسبة لكتلة جبل العلويين المائلة غرباً . وعند النظر إلى تفاصيل جبال الحجاز نجد أن تضريسها ينقسم ذاته إلى عدة حجرات تكون محصلتها العامة مظهرا عاما مائلا نحو الغرب . ويمكن قول نفس الشيء عن جبال الين التي تميل إجمالا من الشرق للغرب والمقطعة تفصيليا بالعديد من تفاوتات المستوى التكتونية . وتكون مؤلفة من تعاقب حجرات وحيدة الميل إذا كان جنوح basculement الحجرات دوما نفس الاتجاه (شكل ٨١) ولبنطقة ماكونيه Maconnais الفرنسية نفس البنية .

ونطلق تعبير حفرة على شكل أصابع البيانو عندما يكون قاعها مؤلفا من حجرة جانحة والتي خفست على شكل أصبع بيانو ضُفِطَ عليه بين اصبعين ظلّا مستقيمين كحجرات الساحل السوري اللبناني في الخلجان والمهشم بصدوع عرضانية (شكل ٧٦) .

هذا ويكون مرتسم خطوط الصدع متباينة جدا ، فلخطوط الصدوع أشكال هندسية في أكثر الأحيان: فتكون مستقيمة ، شبه مستقيمة أو على شكل



( شكل ٨١ ) - كتل أو « حجرات » وحيدة الميل نتيجة صدوع معاكسة .

قوس دائرة . وقد تعطي صفوفاً من الحفر أو ميادين حقيقية من التخلعات ،  
وفسيفساء فعلية من الحجرات .

تلك هي العناصر الرئيسية التي سنرى أثر عمل الخت عليها : فالخت  
يكتف أشكالا مختلفة ويمنحها تقاطيع معينة سندرس تطورها .





## الفصل السابع

### التضاريس الناتجة عن بعض البنى البسيطة

تجهيد : لقد أخذنا بعين الاعتبار ، وذلك خلال الفصل الأول حتى الخامس ، الدور الذي يكاد يكون قاصرا على الليتولوجيا . وفي معرض كلامنا عن البركة فقط ، استطعنا عزل صخور التضريس عن أوضاعها وارتصافها disposition وسنفترض في هذا الفصل وفي الفصل التالي أن الصفات الخاصة بالصخور أصبحت معروفة وسندرس التضاريس الناتجة عن أوضاع الصخور المذكورة ، وسنعالج بادئ ذي بدء أكثر البنى بساطة .

**أولا - الطبقات المتوافقة غير المصدعة : زمرة المقاومة المنسجمة .**

من بين بنى الطبقات الرسوبية المتوافقة concordantes غير المتصدعة هناك حالتان تستحقان الذكر :

- إما أن تكون مقاومة الطبقات منسجمة .

- أو نكون أمام طبقات طرية متناوبة مع طبقات قاسية .

فالحالة الأولى تتمثل بزمر طبقية سميكة تقع على العصور في السهول المتشكلة من رسوبات متوضعة عند أقدام السهول شبه الالبية subalpines وأفضل أمثلة ذلك يقدمه القسم الشمالي من سهل الجزيرة العليا السورية . ولكننا نجد أمثلة مشابهة على طول جبال الألب ، في سويسرا والنمسا وفي بافيرا وعلى طول جبال الكربات في بولونيا وفي أوكرانيا وفي رومانيا .

وفي سهول كهذه يكون الحت عاجزا عن ممارسة حث تفاضلي ، بل يكتفي بتقطيع عراقيب ، ويزداد عرض الأودية بصورة متفاوتة ، فهي تزداد عرضا بشكل فريد كلما كانت مجاري الماء غير مستقرة وذات سرر فيضان عريضة كوادي الجفنج في الجزيرة ، أو في سهل تارب Tarbes في سهل اكيثانيا حيث يجري نهر الآدور .

وعلى العكس ، إذا كانت الزمرة الرسوبية مؤلفة من طبقات مختلفة المساواة ومتناوبة في تنضيد منتظم إلى حد ما ، فإن الحث يعمل بصورة متفاوتة في الصخور الطرية وفي الصخور المقاومة . تلك هي حالة الأحواض الرسوبية كحوض نجد الشرقية ابتداءً من القصيم أو الحوض الباريسي أو سهل انكلترا الكبير ، أو حوض صواب - فرانكونيا في ألمانيا الجنوبية . ويقودنا تنوع الأشكال ، في هذه الحالة ، إلى التشديد على اختلافات الأوضاع الطبقيّة المحتملة .

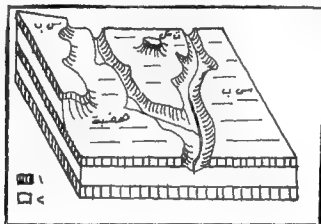
### ثانيا - تضاريس الأحواض الرسوبية ذات الطبقات المختلفة المساواة والأفقية أو المائلة :

١ - طبقات أفقية : في زمرة من طبقات أفقية طرية وقاسية متناوبة يقطع الحث أشكالا تكون خطوطها الموجهة أفقية أيضا . فالمقاطع الطولانية للأفهار التي تتعمق في مناطق كهذه تحوي ، في مرحلة الشباب ، على زمرة من النشزات ressauts التي تظهر عند اجتياز طبقات قاسية وزمرة من قطاعات<sup>(٣٢)</sup> هادئة biefs فوق انكشافات الصخور الطرية ، ولكن هذه التشوشات سرعان ما تتخفف مع الزمن . وعلى العكس فإن مقطع السفوح يحتفظ ولدة طويلة جدا بتعاقب شرفات ( طبقات قاسية ) وحدورات talus على درجات

( ٣٢ ) القطاعات هنا تعني القسم المائل من النهر والواقع بين شلالين .

منتظمة . ويكون كل من هذه الهضاب عبارة عن ظهر طبقة قاسية كشط  
الحت من فوقها الطبقة الرخوة العليا : ذاك هو الشكل الذي يدعى السطح  
البنويوي . وإذا سار الحت قدما فإن تلاعا تنفصل عن الهضبة ( شكل ٨٢ )  
وتدعى التلاع الشاهدة .

هذا وتسمى حافة مائدة أفقية تشرف على عتبة أكثر انخفاضاً عتبة بنيوية  
أو غلنت Glint ( شكل ٨٢ و ٨٣ ) مثل حافة صخر بوس Beauce الكلسي فوق عتبة



( شكل ٨٢ ) - تضريس في زمرة طبقات رسوبية أفقية متناوبة القواوة

- ١ - طبقة مقاومة ، ٢ - طبقة طرية ، ت ش - تلة شاهدة على الامتداد السابق للطبقة القاسية العليا ، س ب -  
سطح بنيوي أو غلنت .



- ( شكل ٨٣ ) في ب يعتبر قفا الكوينا سطحا بنيويا . ولكن السطح كله يعتبر سطحا حثيا لأن الطبوغرافيا  
تقطع المستوى الفاصل بين الطبقات ، ج = جال .

كلس بري Brie ورمال فوتينبلو، جنوبي باريس . وبالتفصيل يمكن أن يحوي الغلنت منظورا مستقيما أو على العكس يكون مشرشا بالعديد من الدخلات .

٢ - طبقات مائلة ، الكويستات : إذا كانت الطبقات الرسوبية الطرية والقاسية ، والمتناوبة المتعاقبة ، مائلة قليلا وجائحة بتأثير تكتوني ، فعنى ذلك أن لدينا بنية وحيدة الميل ، أي ذات ميل وحيد الاتجاه ، وستبرز جروف تسمى الضلوع ( كويستات ) .

وتخصص كلمة كويستا cuesta ، وهي كلمة اسبانية تعني الضلع ، لتضريس غير متناظر تحقق بوجود طبقة مقاومة مائلة بشكل لطيف ومقطوعة بفعل الحث<sup>(٣٣)</sup> . وتشتمل الكويستا على جبهة هي عبارة عن جرف ناجم عن انقطاع الطبقة المقاومة ، وعلى منخفض مستقيم الميل orthoclinale أو لاحق يواكب قدم الجرف ، وعلى قفا أو ظهر الذي ينطبق تقريبا على ظهر الطبقة القاسية المائلة وتطلق عبارة « الصفرا » على قفا الكويستا في نجد .



( شكل ٨٤ ) - مبدأ تشكل الكويستات حسب نظرية ديارتون في ٤ المرحلة الأخيرة ظهور الكويستات .

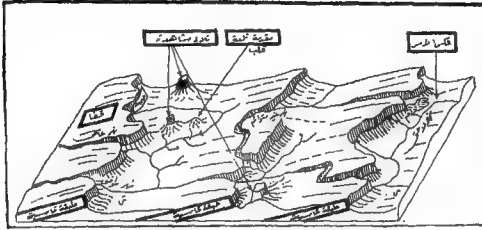
( ٣٣ ) لا يجوز أن يتجاوز ميل الطبقة القاسية المؤلفة للكويستا بضع درجات . وعندما يكون الميل بين ١٠ درجات و ٣٠ درجة تكون أمام كريت cretis وعندما يكون للميل بين ٤٠ و ٤٥ درجة تكون أمام ظهر خنزير أو هورج باك أما إذا كان الميل بين ٨٠ و ٩٠ درجة فنكون تجاه حاجز barre .

هذا ويكون قفا الكويستا نظريا طبقة أي عبارة عن سطح بنيوي ( شكل ٨٣ ب ) والواقع يندر أن يكون كذلك والأغلب أن يشطر السطح الطبغرافي الطبقة القاسية بشكل مستعرض ( شكل ٨٤ - ٤ ) والواقع لم يقنع الحت بكس الطبقة الرخوة العليا ، بل عمل أيضا بصورة محسوسة أيضا ، وإن كان ذلك بسرعة أقل ، في حت الطبقة القاسية .

هذا وقد ينتج قص الطبقة القاسية بفعل الحت بشكل مستعرض biseautage عن الحت الحالي الذي يكيّف الأشكال المورفولوجية ، أو عن وجود شبه سهل قديم سبق له أن بتر كل المنطقة وتصابى بعدئذ ( شكل ٨٤ - ٢ ) وفي هذه الحالة يكون ظهور الكويستا مائلا لتصابى التضريس . ويتم هذا التصابى بسرعات متفاوتة في الحت حسب اختلاف قساوة الصخور أي حسب قانون الحت التفاضلي .

وتظهر جانبية profil الجبهة غالبا وكأنها مؤلفة من قسمين : ففي الأعلى تشكل الطبقة القاسية شرفة corniche ، أو منحدرًا شديدًا على كل حال ، وفي الأسفل تتكشف الطبقة أو الطبقات الرخوة على شكل حدود talus مقعر تسقط فوقه الأتقاض المقتلعة من الطبقة القاسية العليا .

ويبدو منظر الكويستا منظر تضريس مستر لا تقطعه سوى فتحات أو نقوب الأنهار التي تجري حسب الميل العام للطبقات وتحزب الجبهة بحيث ترسم على المستوي نوعا من قمع ( شكل ٨٥ ) وعندها يقال أن النهر متعامد الميل cataclinal أو موافق conséquent أي يوافق ميل الطبقات العام وأنه يلج نطاق القفا بقمع فتحة موافقة مثل وادي الدواسر الذي يخترق كويستا جبل طويق عند بلدة السليل في نجد أو وادي الرمة بين عنيزة وبريدة غير أن كل الأنهار لا تتبع ميل الطبقات . فبعضها تلازم قدم جبهة الكويستا وتسمى



( شكل ٨٥ ) - غطط يظهر الوضع النظري للكويستات ولشبكةها الهيدروغرافية . م - مستنقع ، النقاط الغامقة ينابيع ، ر - نهر موافق .

عندئذ أنهارا مستقيمة أو لاحقة . وبعض الأنهار لا تكون متوائمة مع الميل ولا مع وضع الجبهات ، مما يطرح مشكلة أصلها العسيرة . وتتغير الشبكة النهرية أثناء التطور ، فقد يتمكن نهر لاحق من أسر جزء من نهر موافق .

وقد يحدث أن نجد في مقدمة الجبهة ، أي في عالية الميل الطبقي ، نجد تالعا مؤلفة من طبقة قاسية مائلة لتلك التي تؤلف الكويستا ، وتشهد عن الامتداد السابق للطبقة المذكورة ، وتسمى التالاع الشاهدة كتلك التي يقع فوقها مسجد الشيخ أبو بكر في حلب ، وما أن تتلاشى تلك القبة الصخرية القاسية حتى تأخذ التلعة بالانحطاط فتسمى عندئذ مقدمة تلعة أو كديوة كتلك التي تقوم فوقها قلعة حلب ، وتسمى القلب في تونس الجنوبية .

عوامل تمايز الكويستات : ما دامت جبهة الكويستا هي نتيجة للعمل الحثي فهي تتراجع حسب وتيرة تختلف باختلاف الأمكنة : إذ تتقهقر بسرعة حينما يهاجمها الحث التراجعي لنهر ما بفعل تراجع ينبوعه مثل وادي معلولا ولاسيما النهيرات العاصية obséquentes . ولهذا تتخذ جبهة الكويستا أحيانا منظرا مشرشا .



( شكل ٨٦ ) - جانبية كويستا في حالة وجود اختلاف كبير في المقاومة بين طبقة قاسية وطبقة رخوة ( أ ) . وفي حالة قلة الاختلاف في المقاومة ( ب ) .

بيد أن الكويستات لا تتكيف مطلقا حسب نموذج واحد ، وهكذا يمكننا أن نغيز خمسة عوامل في التمايز :

( أ ) نسبة القساوة بين الطبقة القاسية والطبقة الرخوة اللتين تؤلفان تضريس الكويستا ( شكل ٨٦ ) .

- فإذا كان اختلاف المقاومة في كلا الطبقتين كبيرا جدا فإن الكويستا تكون واضحة جدا في التضريس . وعندئذ تشتمل على شرفة واضحة مثل الكلس الأيوسيني في كويستا معلولا أو الكلس الجوراسي في جبل طويق .

وعلى العكس إذا كان إختلاف القساوة بين الطبقة القاسية والطبقة الرخوة ضئيلا فلا نجد أي شرفة تلفت النظر وهنا تقدم لنا الكويستا جانبية محدبة في الأعلى ومقعرة في الأسفل ولا تلعب دورا بارزا في المشهد الجغرافي . تلك هي حالة كويستا شمباينا الحوارية في شرقي باريس .

ب ( السماكة النسبية في كل من الطبقتين ( شكل ٨٧ ) .

- إذا كانت الطبقة القاسية رقيقة وترقد فوق طبقة طرية سميكة فإن تخريب الكويستا يكون سهلا وعندها يتراجع الدرع القاسي الرقيق بسرعة فيكون مرتسم الكويستا شديد التعرج . وعلى العكس إذا كانت طبقة قاسية سميكة ترقد فوق طبقة رخوة رقيقة فإن الحت سيجد صعوبة كبيرة في قسر



( شكل ٨٧ ) - منظر كويستا عندما تكون الطبقة المقاومة رقيقة ( أ ) ، وعندما تكون الطبقة المقاومة سميكة ( ب ) . وتشير الطبقة البيضاء إلى الطبقة الرخوة .



( شكل ٨٨ ) - منظر كويستا في حالة طبقات قليلة الميل ( أ ) . وعندما تكون شديدة الميل ( ب ) : ت : تلعة شاهدة . خ = خشم ، ش = شيب .

الكويستا على التراجع ، مما يعطيها شكلا متكتلا ومرتبنا مستقيما  
( شكل ٨٧ ب ) .

**ح ) تفاوت شدة الميل الطبقي ( شكل ٨٨ ) .** كلما كان الميل الطبقي ضعيفا كلما كان تراجع الكويستا سريعا وكلما كان مرتبها متعرجا . والواقع لنفترض وجود الكويستا ناتجة عن طبقات ضعيفة الميل الطبقي ( شكل ٨٨ - أ ) : فنجد أن لكل تلعة شاهدة ، أو خشم éperon ارتفاعا لا يزيد كثيرا عن الارتفاع المتوسط لقمة الجبهة ، وهكذا تظل تلك التلعة إذن قائمة لمدة طويلة شأن الخشم كما يبقى التشترش على الجبهة ، مثال ذلك كويستا الكلس الغليظ في منطقة لاون Laon الفرنسية ، وكويستا جبل طويق في السعودية . وعلى العكس عندما يكون الميل الطبقي شديدا ، فإن التلاع الشاهدة أو الخشوم éperons الموجودة بالصدفة ستكون على ارتفاع أعلى بكثير من الارتفاع المتوسط لقمة الجبهة ، لأن هذه التلاع والخشوم تكون معرضة بشدة للحت وتجنح للتلاشي ، وهكذا نجد كويستا ذات مرتسم قليل التعرج والتلاع



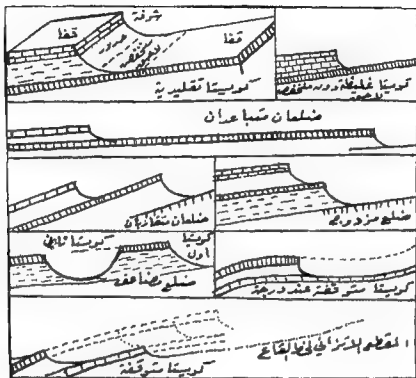
الشاهدة نادرة أو منعقدة مثل الكويستا الأيوسينية المطلة على وادي افره في خارطة الزبداني وهذا على خلاف أضلاع منطقة نجد حيث لا يزيد الميل الطبقي عن ١,٣ ٪ أو ١٣ م في كل كيلو متر .

ولما كان ميل الطبقات أبعد من أن يكون منسجما على نفس الكويستا فإن الكويستا المذكورة يمكنها أن تحوي على مشارف متقدمة *avancées* حينما تكون الطبقة القاسية أقل ميلا ودخلات أكثر عمقا حيثما تكون الطبقة القاسية أكثر ميلا نسبيا .

د - ومن الطبيعي أن يختلف منظومات الحت لا تطور الكويستا حسب نفس الأسلوب . ففي الصحاري مثلا تكون شرفات الكويستا أكثر وضوحا لأنه ليس هناك من تربة إلا في المناطق الرطبة وبالتالي يكون نزول الأنقاض ، القادرة على تدوير الأشكال وتخليها ، ضئيلا مثل جبل طويق أو جال تكوينات الحف قرب بريدة في أواسط نجد .

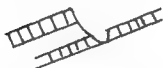
هـ ( مرحلة التطور - لا تكون الكويستا الشابة منكشفة تماما بتأثير الحت ، أما الكويستا الناضجة ، فعلى العكس ، تكون واضحة تماما : مثل كويستا معلولا التي تمتد من الجنوب للشمال على مسافة تزيد على الخمسين كيلو مترا والكويستات الكبرى في الحوض الباريسي ، ولا سيما كويستا جبل طويق التي تمتد على مسافة تزيد على بضع مئات الكيلو مترات (تلك ٨١) . وعلى العكس يحدث في نهاية التطور ، عندما تتوقف خطوط القاع عن التعمق تقريبا ، فإن الكويستا تنطمس تدريجيا كحالة كويستا شامبانيا بين نهر الأوب ونهر السين .

ونستطيع إذن مقارنة مناطق رسوبية دون كويستا واضحة كجنوب شرق



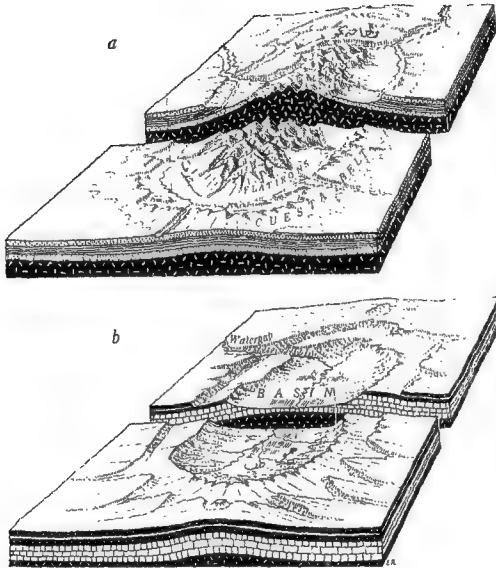
الكويستا تعليلية ومختلف نماذجها

## كويستا معلقة



( شكل ٨٩ ) : من شوليه cholley

الحوض الباريسي ومناطق ذات كويستات بديعة كمنطقة نجد الشرقية . ففي الحالة الأولى لم يحدث أي نهوض هام فوق مستوى الأساس منذ أواسط الدور الثالث . وعلى العكس فإن شروط تكشف الكويستات الكبيرة قد تحققت في نجد . فالنهوض قد تجاوز بالتأكيد مقدار ٤٠٠ م منذ الميوسين مما سهل عمل



( شكل ١٠ )

في « كويستا حلقية في بنية قبابية

في « كويستا حلقية في بنية حوضية

الحت بالإضافة للمناخ الرباعي المطير . وبما ساعد على بروز جبهات جبل طويق وجود طبقات قاسية سميكة وطبقات رخوة رملية أو مارنية جصية أو من الأنهدريت سميكة أيضا فضلا عن جفاف المناخ وانعدام النبات بالتالي والتندرية الريحية التي تتمتع بنقل أنقاض التجوية الريحية .

هذا وقد تتعرض الطبقة القاسية العميقة تحت الكويستا للحفر فنقول أن الكويستا أصبحت معلقة ( شكل ٨٩ ) .

أما ( شكل ٩٠ ) فيمثل مجسمين a و b نرى فيها أشكال التضريس المميزة لعمل الحت في قبة بنيوية a حيث تكون الصخور الواقعة في الوسط مقاومة نسبياً قد تؤلف جبلاً مثل جبال اوزارك في غرب التكتاس في الولايات المتحدة ، أما في الشكل b فتكون الصخور في الوسط قليلة المقاومة نسبياً فتشكل حوضاً تطيف به حلقتان من الكويستات ( الضلوع ) كما في الشكل العلوي حيث يظهر نطاق ضلوع واحد .

### ثالثاً - تضاريس الطيات البسيطة :

يمكن للصخور الرسوبية أن تكون متوجة ، أو كما يقال ملتوية ، عوضاً عن أن تكون جانحة في اتجاه واحد فقط . فيمكنها أن تكون ملتوية بصورة خفيفة أو شديدة ، وبصورة متناظرة أو غير متناظرة ، هذا عدا عن البنى الأكثر تعقيداً والتي سنشير إليها فيما بعد .

### ١ - التطور : تضريس جوراسي ، تضريس مقلوب ، تضريس أبالاشي

لنتصور وجود تعاقب منتظم من طيات بسيطة ، فإذا ما هاجم الحت مجموعة كهذه ، فإنه يعمل أولاً على تخليصها من الطبقات الرخوة التي سبق لها أن غطتها ، بحيث لا تبقى الطبقات الرخوة إلا في أضعف نطاقات الحت ، أي في قيعان المقعرات ، وبعدئذ تتعري الطبقة القاسية التي تشكل درع المنطقة . ومن المستحيل الكلام عن سطح تكتوني أصلي لأن انتزاع الطبقات العليا يبدأ خلال عملية الالتواء ذاتها .

غير أنه من المقبول بأن بداية التطور تقع عندما تكون الطبقة القاسية مستمرة أي متصلة وسليمة تقريبا فالمحددات تنطبق على خطوط الارتفاعات ، وعلى القباب ، مثلما تنطبق المقعرات على المنخفضات ، وعلى المهود . وإذا استعملنا المفردات الجوراسية التي جعلها الجغرافيون أكثر دقة بكثير من الكلام الشعبي ، فإننا نسمي **موننت** mont الحذب السليم وقال val المقعر الذي لا زال على حاله تقريبا .

يبد أن هذا التضريس المطابق للتوجات التكتونية والذي تمخض عنها لا يتأخر عن التعرض للحت . فنقول تضريس جوراسي Jurassien<sup>(٢٤)</sup> عندما نتكلم عن تضريس ملتوذي بنية بسيطة يكون تعرضه للحت في بدايته تقريبا . ومن ناحية عملية لا تحوي جبال الجوار إلا فيما ندر مثالا عن تضريس كهذا ، ولكن احتفظ العلماء بالعبارة . وإليك المفردات الخاصة بهذا النوع من التضاريس :

**كومب** : منخفض نشأ في قبة محدب . والكلمة مأخوذة من اللاتيني cymba وتعني القارب . ويستعمل فلاحو جنوب شرق فرنسا هذه الكلمة عموما كناية عن منخفض قليل العمق منفتح من إحدى نهايتيه . ولهذا من الأجدر أن نكون دقيقين عند الكلام عن تضريس جوراسي ، فنقول **كومب محديبي أو سنامي** .

**كريت** crêt : حافة الطبقة القاسية لخاصرة الحذب والمطللة على طرفي الكومب ، ويسمى الكف في تونس .

---

( ٢٤ ) جوراسي هنا نسبة لجبال الجورا وليس مثل كلمة جوراسي أو جوراسيكي Jurassique الدالة على فترة

وسطى من الدور الجيولوجي التالي .

روز ruz : واد صغير محفور في حاصرة المحدث مثل وادي منين شمال شرق دمشق .

كلوز cluse : ممر نهر يجتاز « مونت » مثل كلوز الربوة الذي يمر منه نهر بردى .

سندة chevron : وتظهر على شكل مثلثات متراكبة فوق حاصرة المونت ( شكل ٩١ ) .

وإذا ما سار التطور قدماً فأصبحت سوية النهر دون سوية قاعدة الدرع القاسي في قاع المقعرات فعنى ذلك أننا وصلنا لانقلاب تضاريس حقيقي ، لأن المحدثات تصبح بفعل تعريض الكومبات متلاشية تماماً ، وبذلك تهين قيعان المقعرات على المحدثات المفرغة وحينئذ تسمى المقعرات المعلقة

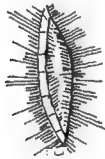


( شكل ٩١ ) السدات أو الشيفرون chevrons على حاصرة مونت

Synclinaux perchés. وهذا الطراز النادر في جبال الجورا الفرنسية نعثر عليه بكثرة في مقدمة جبال الألب ، وفي جبال التل التونسية ويسمى المقعر المعلق هناك قلعة .

وما أن يتم انتزاع الدرع القاسي حتى يأخذ الحت في العمل بسهولة في الطبقة السفلى فيقصر الكريئات crêts على التقهقر كما لو كانت عبارة عن جبهة كويستا . ولكن إذا ظهرت تحت الطبقة الرخوة طبقة صلبة أخرى فإن هذا سيؤدي لتكشف مونت جديد مشتق mont أو كما يقال محدد منبوش . ذاك هو الوضع في القسم الأعظم من جبال البريشالب الفرنسية الشمالية ، حيث

ربطة كريت



كريت خارجية



كريت داخلية



نصف كومب



( شكل ٩٢ )

في أ : انقلاب التخريس وظهور المقعر المعلق وكريت خارجية

في ب : كومب منظر من السطح وكريت داخلية

في ج : طية ركية وظهور نصف كومب مع كريت وحاجز

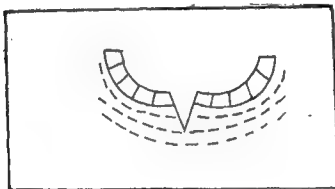
في د : كومب كما يرى من خلال مقطعه

ظهرت تحت الدرع الأورغوني مجموعة من صخور طرية ، ولكن تحت هذا المجموع بدت طبقة قاسية جديدة تعود للتيتوني tithonique ( الجوراسي الأعلى ) . وفي خاتمة هذا التطور يتحقق كشط كل المنطقة حتى مستوى الأساس ، أو بعبارة أخرى التسطيح planation أو التسوية .

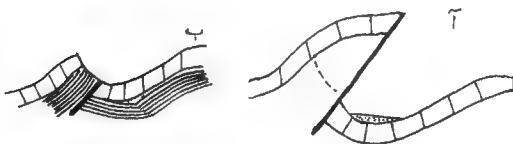
ولكن إذا نهضت المنطقة بعد تسطيحها فإن الحت سيستأنف عمله



( شكل ٩٣ ) تطور تضريس التوائي لقد مثلنا التطور وهو يزداد تقدماً باتجاه اليمين



( شكل ٩٤ ) فأل معلق

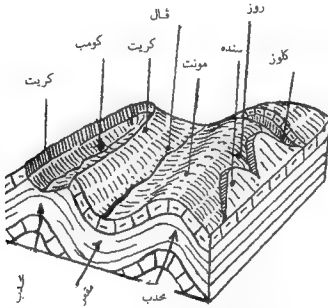


( شكل ٩٥ ) تشكل واد مركب في ب ( أي واد نصفه بنيوي ونصفه الآخر حفي ) بعد تطور الشكل أ .

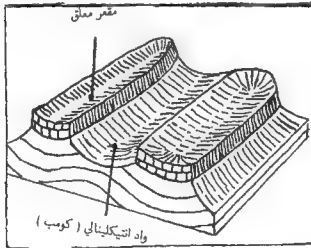


الاصطفائي ، إذ سيعمل بعمق في الصخور الطرية و يبرز الصخور القاسية .  
وبذلك يظهر التضريس الابالاشي appalachien ( شكل ١٠٠ ) .

وتكون القمم مؤلفة من صخور قاسية سبق أن بترها سطح حث قديم ،  
إذن تكون هذه القمم المذكورة على ارتفاع واحد تقريبا . هذا وتحفر



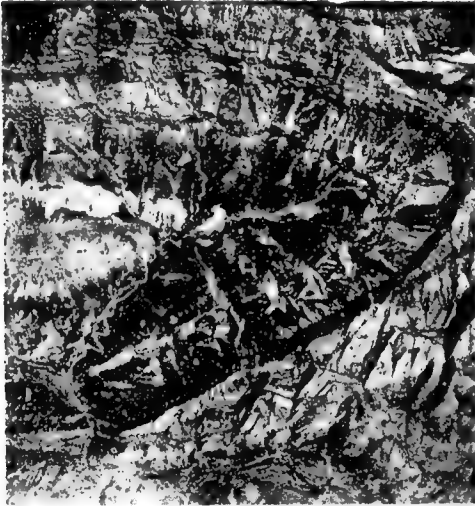
( شكل ٩٦ ) الأشكال المشتقة من التضريس الاتوائي الجوراسي



( شكل ٩٧ ) عجم لانتقال التضريس الجوراسي

الآخاديد في الصخور الطرية ، وكثيرا ما تشكل السطوح البنيوية المتكشفة خواصر واضحة .

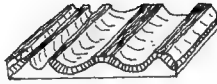
ومن الملاحظ أن القمم في التضريس الابالاشي يمكن أن تكون عبارة عن محذب قديم ( شكل ١٠٠ البين والوسط ) أو تكون عبارة عن مقعر قديم أو عبارة عن كريت crét ( شكل ١٠٠ اليسار ) أو في وضع وسيط ، هذا كما يمكن للأخاديد أن



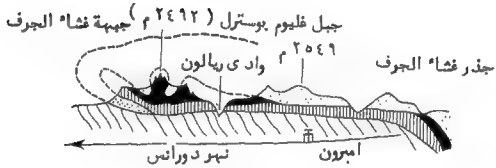
صورة رقم ١٢ - ويظهر اللونت المنبوش أو المشتق في وسط الجانب الأيسر من الصورة

صورة جوية لنهاية محذب في جنوب غرب إيران ( شكل عقب السيجار ) وقد ظهر في قلبه « موت » تطيف به حفرة هي عبارة عن كومب محفوف بكريتين . وتظهر السمكات ( شيفرون ) بصورة واضحة وتنفصل عن بعضها بأودية ( روز ) .





( شكل ١٠٠ ) تمريس أبالاني



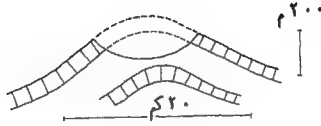
( شكل ١٠١ ) حت غشاء جرف في منطقة Embrunais

ويعتبر جبل بوسترل بقية تغطية جرف . ووادي ربالون نافذة .

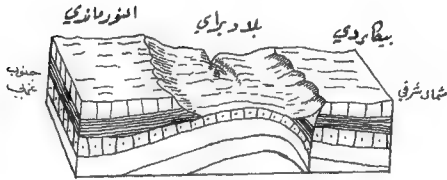
القديم . وتسمى هذه الشواهد بقايا التغطية أو كلييب Klippe ( مثال :  
تلال ميتن Mythen في مقدمة الألب السويسرية قرب بلدة شويز ، وجبل  
بوسترل الذي يهين على وادي نهر دورانس في جبال الألب الفرنسية ) .

## ٢ - حالة خاصة : تضاريس الثوائية في أحواض رسوبية :

لقد سبق لنا ورأينا الطبقات المائلة تتطور في الأحواض الرسوبية إلى  
كوستات . ولكن إذا لم يكن الميل دوما في نفس الاتجاه بل يتخذ وضعاً  
متوجاً ، فإن التضريس يصبح عندئذ كي يتخذ أوضاعاً تذكرنا بالتضريس  
الجوارسي إلى حد ما . فالأخناء الحديدي ، مهما كان خفيفاً ، يتعرض لحت ينال  
فته كي يتحول إلى نوع من كومب فسيح يدعى عروة boutonnière  
( شكل ١٠٢ ) وتكون العروة محدودة من طرفيها بكويستتين متقابلتين ولهما وضع



( شكل ١٠٢ ) - عروة ( براي )



( شكل ١٠٣ ) - مجسم تظهر فيه عروة براي الشهيرة في شمال شرق فرنسا

مماثل للكريت التي تطيف بكومب محدي « انتيكلينالي » ، ولكن ميل الطبقات يكون هنا ضعيفا ، والارتفاعات معتدلة ، وعرض الكومب كبيرا فضفاضا ، وتدعى العروة أحيانا براي Bray نسبة لمنطقة في شمال شرق فرنسا لها نفس الوضع وكذلك يعتبر وادي العربدة الواقع غربي القطاع الجنوبي من قناة السويس ، براي ، أو عروة حقيقية تطيف بها من الشمال والجنوب هضبتا الجلالة البحرية والقبلية .

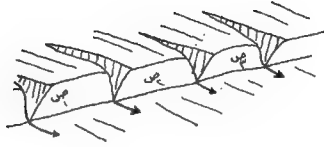
#### رابعا - تطور تضاريس الصدع .

لقد سبق لنا ورأينا كيف أن الكسور التكتونية هي المسؤولة عن تفاوتات المستوى بين حجرات أو كتل القشرة الأرضية وعن تعقيدات البنى . ويعمل كل من الحت ونظيره التراكم كرد فعل على تشكل هذه الفوارق

التكتونية في الارتفاعات وعلى طمس معالمها بالتدريج ويجب علينا الآن أن نتعرف على عملها المذكور .

إذا ارتفعت حجرة bloc على طول صدع ما ، فإن الحت يمنح إلى مهاجمتها في حين أن التركيم يكس فوق الحجرة الهابطة توضع تدعى توضع الصدع التناسبية dépôts corrélatifs ولا تكون هذه التوضع سمكة فوق الحجرة المنخفضة إلا إذا لم يبق هناك أي جريان نهري مستمر باتجاه الخارج ، والواقع هو أن الجريان الدائم يحرف الأتقاض الصخرية ويصدرها . وهكذا لا تشكل التوضع التناسبية إذن إلا تحت نظام صرف داخلي ، وعندئذ تنجح إلى حجب تضريس الصدع الناشئ : فيظل مستوى الصدع مستحاثا كلما تحرك ولن يظهر في التضريس .

ولكن الصدع الذي لا تحجبه التوضع التناسبية أثناء تشكله سرعان ما يعبر عن نفسه في الطبوغرافيا . وعندئذ تتخذ الأنهار وضعا متعامدا مع الجرف الناشئ . هذا الجرف هو الجرف الصدعي escarpement de faille وإذا نظرنا إليه مواجهة وجدناه عبارة عن صف من الوجيحات شبه المنحرفة trapézoïdales ( شكل ١٠٤ ) ويتألف كل وُجْيه من قطاع من قاعدة الجرف ( قاعدة شبه المنحرف الكبيرة ) ، ومن قطاع في قمة الجرف ( قاعدة شبه المنحرف الصغيرة ) ومن خاصرتي خوانات قاطعة ( ضلعا شبه المنحرف ) . هذه الوجيحات تكون واضحة بشكل يلفت النظر تحت مناخ قاحل لأن المنحدر لا يتثلم أبدا ، وقد درست هذه الأشكال لأول مرة في غربي الولايات المتحدة . ولكن تحت مناخ معتدل رطب فإن هذه الوجيحات تتلم بسرعة كبيرة أي تفقد زواياها وتستدير ، وأجل الوجيحات التي تلاحظ هناك ، كوجيحات الجرف الغربي الذي يحاذي سهل ليمانيا Limagne في فرنسا ، هي عبارة عن



( شكل ١٠٤ ) - وجيهات شبه منحرفة : ص ١ و ص ٢ و ص ٢

أجزاء من مستويات صدوع مستحاثية بتوضعات وقد تقطعت إلى وجيهات منذ عهد قريب نسبياً .

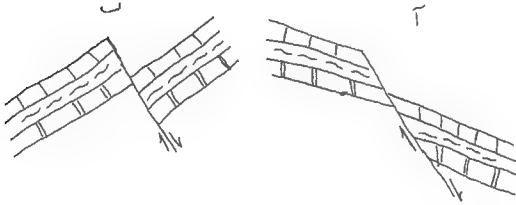
ويعمل كلٌّ من حت سفوح مجاري الماء التي تقطع الجرف وانحطاط الوجيهات على تقهقر الجرف بعد قليل وقد يصبح مرتسمه متعرجا مع تقهقر أقصى بمحاذاة أفضل الأنهار تغذية . كما يصبح قدمه مستحاثا بالانقراض القادمة من الحجر العليا ، اللهم إلا إذا كان الحت قادرا على انتزاعها من فوق الحجر الهابطة أولاً فأول .

هذا ويتم تراجع جرف الصدع حسب قوانين الحت الاصطفائي . ففي منطقة ذات بنية رسوبية تهشمت إلى حجرات وحيدة الميل بفعل صدوع معاكسة *contraires* (شكل ١٠٦) ، فإن التراجع يؤدي لقيام شروط موائمة لنشوء الكويستات : وإذا ما تكشف عند قاعدة الجرف البدائي صخر طري وكتيم ، يعلوه صخر قاس ، فإن الصخر الأخير سيشكل شرفة تتقهقر على شكل قبة جبهة الكويستا (شكل ١٠٥) . وهنا نصبح في وضع يكون من العسير فيه القول بأننا بمعرض جرف صدعي أو أمام كويستا ، والواقع أن القضية قضية



( شكل ١٠٥ ) - تطور الجروف الصدعية

أ : تطور على شكل كويستا ، ب : تسوية nivellement ، ج : جرف خط الصدع في نفس اتجاه الرمية . د : جرف خط الصدع في اتجاه معاكس للرمية وهنا حصل انقلاب التضريس .



( شكل ١٠٦ ) - في أ - صدع مطابق . في ب - صدع معاكس

مصطلحات بحتة . والحقيقة نحن أمام جرف صدعي يتطور إلى كويستا ، وهي حالة تحققت في منطقة Maconnais الفرنسية .

ونقطة الختام في تطور جرف صدعي هي التسوية ( شكل ١٠٥ ب ) وإذا حصل استئفاف حتى في منطقة بلغ فيها الجرف الصدعي مرحلة التسوية فإن ذلك يتم حسب اصول الحت الاصطفائي . وإذا كانت الصخور المتكشفة على جانبي الجرف المسوى ذات صلابة متماثلة فلن يحصل تفاوت جديد في المستوى . وعلى ابعد حد اذا كان الصدع عبارة عن نطاق جرش broyage ذي مقاومة ضعيفة ، فإن النهر سيتمكن من ان يستقر فوق خط الصدع وبذلك يتشكل



وادي خط الصدع<sup>(١)</sup> . هذا ولا تلتفت نظارة هذا المنحدر بالضرورة في نفس اتجاه نظارة الصدع ، اذ يمكن ان يحصل حالتان : اما ان تكون الحجرة التي يتكشف فيها الصخر الطري واقعة في جانب الحجرة التي سبق لها ان انخفضت تكتونيا ، وهنا يكون المنحدر متجها في اتجاه الرمية نفسه أو أن الحجرة الطرية واقعة من طرف الحجرة الناهضة تكتونيا ، وفي هذه الحالة يتجه المنحدر الجديد في اتجاه معاكس للرمية .

وتستعمل عبارة **جرف خط الصدع** للدلالة على الجرف الواقع على خط الصدع ولكنه ناتج عن الحث التفاضلي والتراجعي مثل شفا جبال السراة . هذا ويمكن ان تكون نظارة جرف خط الصدع في نفس اتجاه الرمية ، او في اتجاه معاكس ( شكل ١٠٥ ج ، د ) وعلى العكس يخصص اسم **جرف الصدع** للجرف الناجم مباشرة عن تفاوت مستوى تكتوني ، حتى ولو كان قد تراجع كثيرا وتثلث emoussé : فالجرف الحديث ( بليوسيني أو رباعي ) هو جرف صدي ، لان تفاوت المستوى التكتوني لا يكون على درجة كبيرة من القدم تسمح بتلاشيهِ ، اما الجرف القديم فوق مرتسم tracé صدع فيكون على الغالب عبارة عن جرف خط صدع .

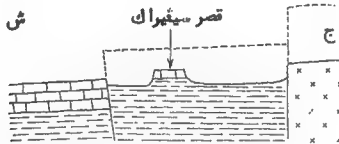
ومن المعروف ان هناك تطورا مطابقا للمخطط النظري في بعض الحالات كحالة حفرة سيفيراك الكاذبة . فمدينة سيفيراك في جنوبي الكتلة المركزية الفرنسية تقع في منخفض - والتلاع وحدها مثل تلعة القصر هي التي تخلق تضريبا في داخل هذه المنطقة المنخفضة - يطيف به جرفان ممتدان من الشرق للغرب يفصلان المنخفض من الجنوب عن هضبة غرانييتية وفي الشمال عن هضبة كلسية . غير ان الخارطة الجيولوجية تدل على انه ليس هناك من علاقة بين الطبوغرافيا وبين اتجاه تفاوتات المستويات التكتونية . فالطبوغرافية توحى لنا

---

(١) انظر وادي دودين في خارطة تل كلخ الجيولوجية حيث ينكشف الجوراسي .

بوجود حفرة في حين ان التكتونيك اوجد درجة في مكانها . والواقع لدينا سُلماً من الصدوع . ولكن الطبوغرافيا تعرضت اولاً الى التسوية ، ثم استؤنف الحت وأوجد تضاريس تفاضلية . فالحجرة الجنوبية التي كانت الاكثر ارتفاعاً ظلت ناتئة لان الغرانيت الذي تتألف منه كان مقاوماً . اما الحجرة الوسطى ، او كتلة سيفيراك ، فقد تفرغت وانحفرت في المارنيات اللياسية ، وتشهد تلعة قصر سيفيراك وحدها على الامتداد القديم للكلس الجوراسي فوق اللياس المارني . واخيراً فان الحجرة الشمالية المغطاة بالكلس الجوراسي ظلت ناتئة بسبب شدة مقاومة الصخر المذكور .

وهكذا فان منخفض سيفيراك عبارة عن منخفض من اصل تفاضلي محفوف بجرفي خط الصدع . فالجرف الجنوبي له نفس نظارة مستوى الصدع ، اما الجرف الشمالي فله نظارة مضادة لمستوى الصدع : انه جرف مقلوب ( شكل ١٠٧ ) .



( شكل ١٠٧ ) - مقطع تقريبي لحفرة قصر سيفيراك ( الكاذبة )

ويستند التحليل المورفولوجي للتضريس اذن على دراسة زمريتين من العوامل :

- ١ - النمط التكتوني الذي يجب من اجل معرفته ان نلاحظ اولاً مساراته tracers ومن ناحية اخرى اعادة تمثيل التشوهات الناجم عن الصدوع .
- ٢ - درجة تطور الجروف الصدمية .

## الفصل الثامن

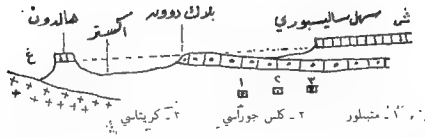
### التضاريس الناتجة عن بعض البنى المعقدة

مقدمة : لقد نظرنا الى الكويستا او الى أشكال الانواء على انها متكيفة ضمن بنى موافقة . ولكن قد نجد بنى متنافرة في حالة تطور الجبال *coteaux* ( غلنت ) أو الكويستات وفي حالة السلاسل اللتوية .

#### اولا : البنى المتنافرة (اللامتوافقة )

١ - الكويستات في البنى المتنافرة : اذا افترضنا ان زمرة من الطبقات تعرضت ، بعد توّضعها ، للجنوح *basculée* أي مالت من جانب واحد ، وللحت حتى تحولت الى شبه سهل ، ومن ثم تغطت بالبحر وبرواسب جديدة ثم نهضت من جديد وجنحت ، فان كلا من الزمرتين سيعطي تضريس كويستا .

وتتمثل هذه الحالة في مناطق الحوض الباريسي التي تطيف بالكتلة الآرموريكية اي الى الغرب من باريس وشرق شبه جزيرة بريتانية وفي جنوب غرب السهل الانكليزي . وفي الواقع يرقد الحوار الكريتاسي في كلتا المنطقتين ، بصورة متنافرة فوق سطح حَتّي يبتز كل الطبقات السابقة . فزمرة ماقبل الكريتاسي تعرضت لحتّ حديث كسّف فيها كويستات . ولكن الكريتاسي يتقدم غربا دون اي علاقة مع اتجاهات الكويستات التي تشكلها الطبقات السفلى وتقع الكويستا الخاصة به ، اي الكريتاسية ، بجوار كتلة ديفون *Devon* القديمة البريطانية وبجوار الكتلة الآرموريكية الفرنسية وتنتصب لتلة

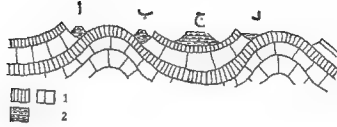


( شكل ١٠٨ ) - دور الطغيان الكريتاسي المتنافر في جوب غرب السهل الانكليزي ( مقطع مبسط ) ١ - كتلة ديعون القديمة ، ٢ - كلس جوراسي ، ٣ - كريتاسي ، غ : السهل الهامتي أو السهل المطيف ، ١ - صخر متبلور ، ٢ - كلس جوراسي ، ٣ - كريتاسي

شاهدة كريتاسية حتى الى الغرب من اكستر في قلب المنخفض الهامشي ( شكل ١٠٨ ) ، كما لو كانت تلعة شاهدة منفصلة عن كويستا شامانيا تهين على منطقة ايبينال Epinal . وهكذا نكون امام نموذج معقد من بنية متنافرة في منطقة رسوبية .

٢ - البنى المتنافرة في السلاسل المتلوية : لنفترض ان سلسلة ملتوية تطورت بحيث تقدم لنا تضريسيا جوراسياً او حتى تضريسا مقلوباً<sup>(٢٥)</sup> فاذا اخفضت بعد ذلك تكتونيا في مجملها واجتاحها البحر ، فان ترسبا سيستقر فوقها بشكل متنافر ، ترسب لا يرقد فوق شبه سهل بل فوق سطح طبغرافي يشتمل على كريئات وكومبات وثلالات ، ترسب يتنضد بصورة افقية فوق زمرة قديمة ملتوية ويملأ المنخفضات اولا . فاذا ما انهضت المنطقة من جديد فان الحت سيستأنف نشاطه وسيطور التضريس في البنية الجديدة المعقدة ( شكل ١٠٩ ) . واذا اعترى الزمرة الاولى التواء جديد للمرة الثانية والزمرة الجديدة لأول مرة ، فمن الممكن ان نرى طائفتين عامتين من الاشكال البنيوية

(٢٥) التضريس الالتوائي المقلوب هو الذي أصبح فيه المذهب منخفضا والمقع مرتفعا



( شكل ١٠٩ ) - بنية متنافرة في سلسلة التوائية من نموذج جبل الاوراس الجزائري ١٠ - طبقات من الدور الثاني ٢ -  
مولاس ثلاثي منه أربعة شواهد هي أ ، ب ، ج ، د ، وقد توضع المولاس بصورة افقية بشكل متنافر في تضريس  
جوراسي متطور سابقا بعد التواء شديد قبل توضع المولاس . كما أن الحت انتزع قسما من المولاس بدوره .

المشتقة . ومن الواضح في هذه الحالة ان الزمرة الثانية تكون ملتوية بصورة  
اقل عنفا من الزمرة الاولى وإن التقاطيع المورفولوجية modelée تكون فيها  
اكثر هدوءا .

ذلك هو التطور المورفولوجي في جبال اوراس في شرقي القطر الجزائري .  
فالمولاس العائد لأواسط الدور الثالث توضع بفعل طغيان بحري في منخفضات  
داخلية هيأها الحت سابقا في زمرة من طبقات ملتوية تعود للدور الثاني وبعد  
طغيان بحر المولاس وتوضع طبقات متنافرة بواسطة هذا البحر ، تعرضت  
بدورها لالتواء خفيف جدا ، وهو عبارة عن ظاهرة غير نادرة في بعض  
مناطق جبال الالب وفي المناطق الملتوية على اطراف البحر الابيض المتوسط .

مثال آخر: توجد في سهل الاير ، في اسبانيا ، سلاسل صغيرة التوت في  
بداية الدور الثلاثي وتنتسب لجبال البيرينييه او السلاسل الايريه . وقد  
تعرضت السلاسل المذكورة للإستحاثاة بعد قليل تحت صخور البودنغ الناتجة  
عن تهديم خلفيّة هذه الجبال ، بفعل الحت ، تلك الصخور التي كانت تتوضع في

بحر كان يغمر الحافة المتوية . لكن نهوضا تاليا عمل على ابراز مجموع السلاسل  
الالتوائية مع توضعاتها العليا من البودنغ المستحيثة الدافنة . fossilisants . وفي  
بعض الحالات ، كان النهوض مصحوبا بالتواء خفيف اعترى البودنغ ذاته .  
وهكذا نجد ان نماذج التضريس تختلف كثيرا من مكان لآخر .

### ثانيا - تواؤم الانهار مع التضريس الالتوائي وانعدام التواؤم .

يمكننا ان نتذكر ما سبق ورأينا من امكانية تواؤم الانهار او عدم تواؤمها  
مع تضاريس الكويستا . ويمكن قول الشيء نفسه في حالة التضريس  
الالتوائي : فنهر يخرق محدبا من خلال كلوز هو نهر غير متواءم كنهر بردي  
عند اختراقه محذب قاسيون عند الربوة . اما الروز ruz الذي يهبط من فوق  
خاصرة محذب او النهر المستقر في فال Val مقعري « سنكليوالي » فهما نهران  
متوائمان مع البنية .

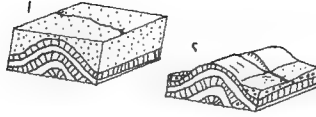
واذا كان من الميسور علينا أن نفهم بسهولة كيف ان نهرا يستقر في  
منخفض بنيوي مثل الثال مثلا ، فانه من العسير فهم اجتياز الانهار للمحذبات  
بواسطة الكلوزات . وهناك عدة تفاسير لذلك :

١ - ربما ان النهر قد استغل وجود كسر متعامد مع اتجاه محور الطية .

٢ - يمكن ان ينتج الكلوز عن عملية أسر .

٣ - أو لقد استطاع النهر ان يستقر فوق سطح حتي كان يتر كل  
التضريس ، ومن ثم اوجد التعمق النهري اشكالا مشتقة جديدة ، وهذا تفسير  
ممکن فقط بالنسبة للتضاريس الا بالاشية .

٤ - ان النهر قد تشكل فوق غطاء متنافر كما لو كان قد تشكل فوق  
توضعات المولاس ( شكل ١٠٩ ) . واستطاع الحت بعدئذ إزالة الغطاء المذكور .



( شكل ١١٠ ) - الفرض

وهكذا نفسر كيفية اجتياز نهر الرون لمحدب دونزير Donzère بين سهل مونتيليار ومحدب تريكاستان Tricastin .

وهكذا نقول ان نهراً كهذا : تشكل فوق غطاء كان يحجب التضريس التحتي ، قد فرض نفسه .

٥ - او ان النهر كان يتبع اتجاهها معيناً قبل الالتواء ، ومن ثم احتفظ بمجراه السابق اثناء تشكل الطية ، كما لو كان منشاراً مستتراً في نشر لوح خشب أخذ في الارتفاع والانحناء كلما تعمق نشره ( شكل ١١١ ) . تلك هي ظاهرة السبق antécédance ومن الملاحظ ان كثيراً من هذه النظريات تنطبق ليس فقط على التضريس الملتوي ، بل على التضريس المصدع ، الذي يطرح مشاكل مماثلة في التلاؤم او عدمه . وفي الواقع يستطيع نهر ما ان يذهب من حفرة انهدامية لاخرى اثناء حزه « هورستا » على شكل خانق : فقد يتمكن من ان يتبع تخلعاً Fracture يشطر الهورست ، أو أن يستقر فوق شبه سهل سوى كل المنطقة ، او ان ينتج عن أسر ، او ان يفرض في عصر كان تضريس الهورست فيه محجوباً بتوضع متنافر - كالصخور الرسوبية الاوليغوسينية في الكتلة المركزية الفرنسية - او يكون اخيراً سيقياً بالنسبة للانهدامات او حركات النهوض المسؤولة عن ظهور الحفر الانهدامية والهورستات .



( شكل ١١١ ) - السبق

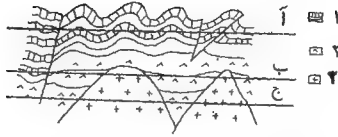
### ٣ - مبادئ جيومورفولوجية الركائز socles « المجنّات »

نحن نعرف ان الركيزة هي جبل مؤلف من صخور قديمة تصلبت منذ زمن طويل ، مبتورة بسطح حتي يتصرف وكأنه سطح تنافر وقد يحمل غطاءً رسوبيا .

ومهما كانت بساطة هذا التعريف فان الركيزة يمكن ان تكون متنوعة جدا . فقد يمكن ان تكون محصورة ضمن سلسلة ألبية ، لأنها تشكل احيانا اساس مقعر ارضي ، كحال كتلة مون بلان في جبال الالب . ولكننا سنقتصر في دراستنا هنا على الركائز الموجودة في خارج السلاسل الالبية البحتة .

فبعض هذه الركائز لم يتعرض لأي التواء منذ عصر ما قبل الكامبري ، وتدعى المجنّات أو التروس أو boucliers بالفرنسية و schields بالانكليزية ، كالجن الكندي ، والجن الفينوسكاندي والجن العربي الذي أطلق عليه - خطأً وجهاً - اسم الدرع العربي . ولا تشمل أمثال هذه المجنّات على رسوبات ملتوية مطلقا ، بل يمكن أن تكون مصدعة ، أو جاذحة basculés ، أو منهضة لارتفاعات قوية ، قد تزيد عن ١٠٠٠ م كما في شبه جزيرة كولا . غير أن مورفولوجيتها تكون أكثر بساطة على العموم من مورفولوجية الركائز التي تعرضت للتواء فيما بعد والتي تدعى الكتل massifs . وتوصف الكتل بأنها كاليديونية ، هرسينية ، إلخ ، حسب عمر التوائها علماً بأن كتلة ما يمكن أن





( شكل ١١٢ ) - مخطط يظهر بنية سائلة وثلاثة نماذج ليتولوجية يمكنها أن تشتق من كتلة قديمة : ١ - صخور رسوبية ، ٢ - صخور متبلورة تورقية ، ٣ - صخور بلونينية ، وحسب تكيف سطح التوية الذي يتر السلسلة فقد تشكل سطح في مستوى الصخور الرسوبية أ ، وفي مستوى الصخور المتبلورة ج ، او في مستوى وسيط ب ، تنتسب الركيزة التي تنتسج عن تصلب السلسلة الى النموذج الاردني في أ ، والى النموذج الليوزيني في ب ، والى النموذج الأرمويكي في ج .

تكون قد تعرضت مسبقا لعدة مراحل التوائية . وعلى كل حال لم تتأثر الكتلة بالتواء الزمن الألبى اللهم إلا ببعض الانعطافات .

هذا وقد تكون الركيزة او المحن مؤلفة من صخور متبلورة ( بلوتونية ومتبلورة تورقية ) او من صخور قديمة ملتوية ومتصلبة ( شكل ١١٣ ) وعندها تكون الاشكال مختلفة كليا . فثلا قد تقدم ركيزة ما تقاطيع غرانيتية ( كرات ضخمة ، جنادل الخ ) وعلى العكس اذا كانت الركيزة مؤلفة من صخور رسوبية فانها تحتوي على تضاريس ابالاشية . فتعتبر منطقة اللبوزان في الكتلة المركزية الفرنسية المؤلفة كليا من صخور متبلورة مثالا عن النموذج الاول . اما منطقة الآردن الفرنسية البلجيكية فهي مثال عن النموذج الثاني في حين تنتسب الكتلة الأرمويكية في شبه جزيرة بريتانى الفرنسية والتي تضم صخورا متبلورة رسوبية اولية ملتوية الى النموذج الوسيط وهو ما ينطبق على العتبة العربية في غربي شبه جزيرة العرب .<sup>(٣١)</sup>

(٣١) تتأثل عبارة عتبة plate forme وعبارة ركيزة socle وعبارة قمرى Shield في الجيومورفولوجيا

ويسمح دور التكتونيك من الزمن الحديث ايضا في تقديم مبدأ للتصنيف : فبعض الكتل جنحت قليلا كالقسم الليموزيني من الكتلة المركزية ، في حين ان الاخرى ، على العكس ، كالقسم الاوسط من الكتلة المركزية ( مقاطعة اوفيرنيه Auvergne وفيلاي Velay ) تعرضت لتخلخ شديد ، وتقطعت الى حفر انهدامية وهورسات حتى انها تأثرت بالبركنة ايضا وهو وضع يماثل الركيزة العربية في الحجاز .

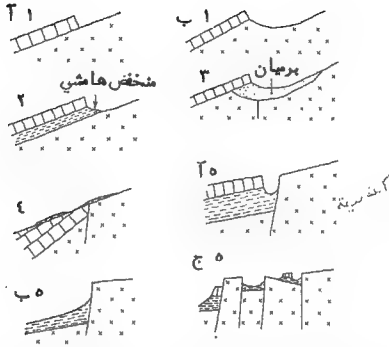
كما يؤدي وجود او غياب غطاء رسوبي متنافر ( موجود في منطقة ماكونيه Maconnais ومعدوم في الليموزان ) الى دخول عنصر تنوع آخر في الجغرافيا البنيوية للكتل القديمة .

#### رابعا - نماذج التماس بين الكتل القديمة وحافتها الرسوبية .

لا تتعلق اشكال التماس بين الكتل القديمة وحافتها بالبنية فحسب بل تتعلق ايضا بنظام الحت المناخي . وفي الواقع فان اكثرية الصخور التي تتشكل منها الكتل القديمة تكون مقاومة تحت المناخات المعتدلة وقليلة المقاومة تحت المناخات الحارة ، بحيث ان الكتل القديمة تكون احيانا في المناخات الحارة محفّرة متقرّرة كما في جنوب شرق الطائف بفعل الحت في حين تظل بارزة في مناطق المناخ المعتدل .

وهكذا سننطلق من نموذج ذي بنية بسيطة ونبرهن على انه يعطي تضاريس مختلفة باختلاف المناخ . وسنعرض بعدئذ نماذج اكثر تعقيدا .

١ - كتل قديمة جانحة يرقد فوقها غطاء متنافر من خرسان grès صلب أو من كلس مقاوم : لنفترض وجود كتلة قديمة جانحة تنطس بانتظام تحت غطاء رسوبي تكون اقدم طبقاته عبارة عن طبقة مقاومة



( شكل ١١٣ ) - مختلف نماذج تماس كتلة قديمة مع حائتها الرسوبية : ١ - كتلة قديمة جانحة يرقد فوقها غطاء غرينه ( غرين ) او من كلس مقاوم ( ١ أ : كتلة قديمة مقاومة للحت كما في جبال الفوج عند دونون ، ١ ب : كتلة قديمة فرغيا للحت كما في منطقة بالنفوره في الفولتا )

٢ - نموذج كلاسيكي عن منخفض هامشي ، ٢ - تماس بواسطة احواض برمية ، ٤ - تماس على شكل حادور (Glacis) ، ٥ - تماس بصدع ملحوظ في الطبوغرافية ( ٥ أ : بواسطة وادي خط الصدع ، ٥ ب : بواسطة جرف خط الصدع ، ٥ ج : بواسطة صدوع متعددة . ملاحظة : لقد مثلنا دوما الكتلة القديمة بصلبان حتى ولو كانت مؤلفة من صخور رسوبية

سميكة . وتتألف هذه الطبقة السميكة كويستا ، ولكن اذا كان المناخ لا يسمح بتفريغ الكتلة فلا نجد منخفضا لاحقا محفورا في الصخر الطري ( شكل ١١٣ - ١ أ ) . وعلى العكس إذا كان المناخ الحار يؤدي إلى تفريغ الكتلة في حين تقاوم الطبقة الرسوبية ، فإن كل الكتلة القديمة هي التي تؤلف نوعا من منخفض ( شكل ١١٣ - ١ ب ) .

ونستطيع ان نأخذ مثالا عن هذه البنية في مناخ معتدل تماس جبال

الفوج المتبلورة مع غطائها المتشكل من صخور الغريه Sandstone في منطقة دونون Donon ، ومثال عن تماس في البلاد الحارة جرف بانفوره Banfora في بلاد فولتا العليا في افريقية الغربية .

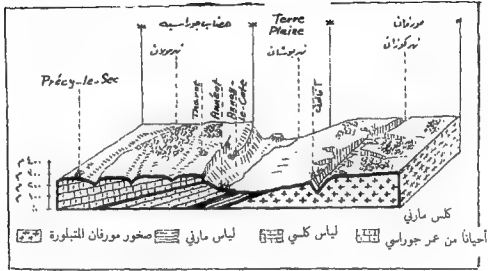
٢ - نموذج تقليدي عن منخفض هامشي Périphérique : يكون النموذج الكلاسيكي اكثر تعقيدا بقليل من المثال السابق لانه يفترض وجود تناوب طبقة قاسية وطبقة رخوة في زمرة رسوبية . ووضح مثال عن ذلك هو الحافة الشمالية لمنطقة مورفان Morvan الفرنسية ( شكل ١١٣ - ٢ ) او صحراء نفوذ الدجي ( ٧٠٠ م ) غربي جبل طويق ( ٩٠٠ م ) في المملكة العربية السعودية ، ونلاحظ ما يلي :

- جنوح واضح في الكتلة التي يغطس سطح التنافر فيها ( هنا شبه سهل بعد هرسيني ) بانتظام تحت غطاء رسوبي مائل بدوره .

- وجود رزمة من طبقات طرية ( قاعدة اللياس ) ترقد مباشرة بصورة متنافرة فوق الكتلة القديمة . وقد استطاع الحت أن يفتك بها بسهولة وان يشكل فوقها سهل تعزيل حديث هو المنخفض الهامشي ( وقد تدعى أرض السهل Terre Plaine في شكل ١١٤ ) .

- طبقة قاسية مائلة تمتطي رزمة الطبقات الرخوة . وتكون الطبقة القاسية مبتورة على شكل كويستا تهين جبهتها على المنخفض الهامشي .

هذا وتتفاوت الحفرة الهامشية عرضا او ضيقا حسب ميل سطح التنافر وتفاوت ميل الطبقات التي تغطي ذلك السطح . فأرض السهل أو تيربلين Terre plaine في منطقة مورفان تكون عريضة بشكل يلفت النظر وكذلك الحال عند تماس الجن العربي مع غطائه الرسوبي بين مدينتي بريدة وعنيزة وبين



( شكل ١١٤ ) - تماس كتلة المورفان مع غطائها الرسوبي وتشكل المنخفض الهامشي لأرض السهل .

مدينة الرس بينما يكون المنخفض الذي يواكب جبال سيفين Cévennes في منطقة جوايوز منكشاً أحياناً بحيث لا يزيد عرضه عن بضعة مئات من الأمتار . ويندر أن يكون المنخفض الهامشي مستمراً حول الكتلة القديمة . ففي أغلب الأحيان لا يؤلف أكثر من قطاع ، عند قدم كويستا ذات مرتسم مقوس ، بيد أن الشروط الضرورية لتكوين المنخفض لا تستمر لمسافة طويلة لأن الصدوع تتدخل أحياناً على مقياس كبير وقد تؤدي لاختفاء المنخفض تماماً أو قد يمتلئ قسم من المنخفض بالكثبان الممتدة تحت أقدام الكويستا في المناخات الجافة كما في نجد ولا سيما في منطقة القصيم .

### ٣ - تماس بواسطة الأحواض البيرمية :

تتوسط ، في بعض الحالات ، رقعة ترسب محلية على شكل لوزة ، تعود لعمر وسيط بين التواء الكتلة القديمة وبين توضع الغطاء الرسوبي العام : كحال حوض أوتون Autun ، على حافة مورفان الجنوبية وحوض سان ديه Saint-Dié على الحافة الغربية لجبال الفوج . وفي كلتا الحالتين نكون تجاه

حوضتين بيرميتين ضئيلتي الرقعة ، ولكنها تتصفان بترسب سميك . ولكن الترياس ترسب دون تمييز فوق البرمي وفوق القسم المتبلور .

وننتج عن ذلك تقوير البرمي على نطاق واسع لطراوته على العموم وذلك حيثما كان الغطاء الرسوبي مؤثكلا بفعل الحت . وهكذا يبدو الحوض وكأنه حوض طبعرافية عميقة ، بين موائد الصخر القاسي الرسوبي من طرف وبين الصخور المتبلورة المنتصبة كثيرا من طرف آخر ( شكل ١١٣ - ٢ ) ولكن من جهة النظر الى التفاصيل تكون الشذوذات متكررة بسبب التغيرات العديدة في سحنة faciés البرمي .

٤ - التماس على شكل حادور glaci : تكون الاشكال مختلفة تماما على اطراف منطقة ليوزان الفرنسية . والواقع هو أن سطحاً حثياً يعود للدور الثالث استطاع ان يسحج الكتلة المتبلورة والحافة الرسوبية سوية وفي آن واحد ( شكل ١١٣ - ٤ ) . وقد تغطى هذا السطح في بعض الامكنة برسوبات رقيقة ، هي الرمال الحديدية Sidérolithiques<sup>(٣٧)</sup> . ومنذ التسوية الشبه سهلية وتوضع هذه الرمال ، كان نهوض منطقة الليوزان ، في اواخر الدور الثالث ، كان متواضعا جدا بحيث لم يمنح الحت القوة الكافية لمهاجمة التضريس بشكل جذي : وهكذا لم يكن لدى الاودية ما يكفي من وقت لكي تتعرض ، فظلت عبارة عن دهايز ضيقة بسيطة وظل شبه السهل سليماً فيما بينها ، وبذلك يتم الانتقال من الرسوبي الى المتبلور فوق شبه السهل هذا والمائل بصورة خفيفة على شكل حادور ، دون الانتباه الى التباين الليتولوجي .

---

(٣٧) غضار أصفر مشحون بمحبات الليونيت يبدو على شكل طبقات غير منتظمة أو على شكل جيوب وهي ترسبات قارية تحت مناخ حار تعود لآخر الليوسين ولطلع الاوليفوسين .



## ٥ - التماس بواسطة

صدع ملحوظ في

الطبوغرافيا : ان التماس

بواسطة الصدوع بين كتلة

متبلورة والحافة الرسوبية هو

من الامور المألوفة كثيرا ( شكل

١١٣ - ٥ ) ففي كثير من الحالات

تمت تسوية الصدوع ولكنها لم

تنش ، وبذلك نعود إلى

النموذج السابق ، ولكن الصدع

الهامشي يمكن ان يظهر ايضا

في الطبوغرافيا :

آ ) يمكن ان نشاهد

وادي خط الصدع ( شكل

١١٣ - ٢٥ ) مثال ذلك حافة

مورفان الغربية شمال جبل

Vigne ) بين القسم المتبلور

وبين الكلس الهامشي ، وكلاهما

قد سواهما الحت على شكل شبه

سهل ، على نفس المستوى .

صورة جوية لصدع لباتية في أواسط فرنسا

قطاع طوله ١٢ كم . ويقع القسم المتبلور إلى اليمين

والأراضي الرسوبية إلى اليسار

مرتسم شبه مستقيم

ب ) إذا استطاع الحث التفاضلي أن يتقدم ويمارس عمله أكثر مما سبق فإن التماس يتم بواسطة جرف خط صدع بديع ( والصفة تعود للجرف ) ( شكل ١١٣ - ٥ ب ) ، كما هي الحالة على حواف متعددة في الكتلة المركزية ، ولا سيما في منطقة فيلافراش دو رويرغ .

ج ) هذا ويمكننا أن نجد تعقيدات كبيرة إذا كان التماس مهشماً بالصدوع ( شكل ١١٣ - ٥ ج ) .



## الجزء الثالث

# الجيومورفولوجيا المناخية أو النطاقية

## الفصل الأول

### مدخل - المناخات في الماضي

تجهيد - تعني الجيومورفولوجيا المناخية أو النطاقية دراسة منظومات الحت الجوي للمناخي « الجيومناخي »  
bioclimatiques ، أي مجموعة تطورات الحت والتراكم المائدة لشرائط الحرارة والرطوبة والغطاء النباتي الخاص بكل نطاق  
مناخي كبير .

#### - مقدمة

إن لاهتمامنا بهذه الدراسة هدفين :

- ١ - تسمح لنا أولاً بفهم خصائص وأصالات مورفولوجية كل نطاق .
- ٢ - نظراً لأنه سبق لكل نطاق أن خضع في الماضي لتعاقب مناخات مختلفة ، فإن المنظومات المناخية الغابرة لم تعدم أن خلفت فيه آثارها وبصاتها .

فالمناخ الحالي لا يسود فعلاً فوق أوروبا الغربية وأمريكا الشمالية إلا منذ فترة قصيرة جداً من وجهة النظر الجيولوجية - حوالي عشرة آلاف من السنين - لم تستطع الأشكال خلالها أن تستبدل معالمها السابقة بصورة كاملة . فضلاً عن ذلك فإن الشروط الحالية في أوروبا الغربية أصبحت ، منذ العصر الحجري

الجديد ، أي منذ خمسة آلاف سنة ، أي من العصر الذي جلت فيه الزراعة مكان الصيد البري والبحري والقطف في المنظومة الاقتصادية ، أقول أصبحت تحت هيمنة الدور الحثي الكبير فوق الأرض المحروثة التي كان يغشاها قبل ذلك الغطاء الغابي . فالنظام الحثي الذي يتطور تحت أبصارنا هو عبارة عن نظام ناتج عن تدخل الإنسان ، أو النظام الحثي البشري ، وهو اصطناعي قبل كل شيء ، والذي لم يمارس دوره فعلاً إلا منذ فترة قصيرة جداً . ولهذا يجب أن نعيد هذا النظام الحثي لمقياسه الحقيقي وأن نبحث في مناخات الماضي عن العوامل المسؤولة عن الجيومورفولوجيا الحالية .

هذا ولكل مناخ غطاءه النباتي المناسب والذي يؤثر على سير تكييف التقاطيع المورفولوجية ، وهكذا نلاحظ أن الغابة تكبح جماح الحث بنسبة عظيمة ، لأن الجهاز الورقي الكثيف يباطيء من مفعول المطر ، فلا يسمح إلا بتساقط عدد محدود من القطرات ، ومع بعض التأخير ، كما أن غطاء الأوراق الميتة فوق الأرض ، بالإضافة إلى شبك الجذور ، يقومان سوية بتخفيف حدة الحث إلى أدنى مقدار ، كما لا تتدخل الحوادث النادرة التي تستشيطه وتتهيجه إلا فيما ندر ، كانقلاع بعض كدرات التربة بفعل جذور شجرة ساقطة على الأرض .

غير أن السهب ولا سوا الصحراء يسمحان بظهور الأرض عارية وتصادف هذه التشكلات النباتية تحت المناخات الحارة والقاحلة ، وكذلك الحال تحت المناخات الباردة ، إذن هناك بعض العوامل الحثية ، كالرياح مثلاً ، التي تمارس دورها تحت مناخات شديدة الاختلاف كمناخ الصحراء الكبرى ومناخ آيسلندا ، ولكن ذلك بالتأرجع مع طرائق حرارية شديدة الاختلاف في كلا البيئتين .

والمفهوم الهام في الجيومورفولوجيا هو مفهوم الأزمة المناخية . وفي الحقيقة لا تستطيع الكثير من النباتات أن تتواءم ، بعد تبدل المناخ ، مع الشروط الجديدة وكثيراً ما يتخرب الغطاء النباتي ريثما يؤدي انتقال البذور الغريبة إلى نشوء غطاء نباتي جديد . وبذلك نكون مؤقتاً تجاه أشد مظاهر الحت حدة ، لأن الترب المهيئة بواسطة التفسخ في الفترة السابقة قد تتعرض لانجراف عنيف . ولهذا كان علينا عند محاولتنا تخطيط واستعادة التاريخ الجيومورفولوجي أن لا نأخذ بعين الاعتبار المناخات الماضية فحسب بل تلك الأزمات التي تعمل على هياج الحت واستشاطته مؤقتاً .

### ثانياً - المناخات الرئيسية القديمة وطرائق تحديدها .

إن المناخات القديمة Paléoclimats التي لعبت دوراً كبيراً في التاريخ المورفولوجي للأشكال الحالية هي التالية :

- المناخ المداري في المناطق المعتدلة خلال القسم الأول من الدور الثالث .

- كان مناخ أوروبا الغربية في القسم الثاني من الدور الثالث ( الميوسين والبليوسين ) من النموذج الحار ولكن غير مداري .

- الفترة الانتقالية بين البليوسين والرباعي ، أو الفيلا فرانشي وظهرت خلالها أوائل الذبذبات بين المناخ الحار والمناخ البارد .

أما مناخات الدور الرابع فتستحق دراسة دقيقة لأن هذه الحقبة تهمنها لطابع أحداثها أولاً ولأهمية دورها في التقاطيع الحالية ثانياً ، وأخيراً لسرعة التبدلات المناخية أثناءها .

ونحن نعرف هذه المناخات بطرائق مختلفة :

- المعلومات التي يقدمها علم ما قبل التاريخ préhistoire والذي يقدم لنا أدوات من صنع الإنسان القديم مختلطة بترب المناخات البائدة .

- يشير تراكم الطورب أو الخث Peat في المستنقعات إلى تعاقب كامل من القاعدة حتى القمة . ويحوي كل ساف من الطورب بالفعل الأبواغ pollens ( غبار الطلع ) الصادرة عن الأنواع النباتية المجاورة للمستنقع . ويزودنا التحليل البوغي pollinique ، أو الذي يسمى palynologique إذن بمعلومات عن النباتات وبالتالي عن مناخ كل عصر .

- ولتحديد تأريخات العمر المطلق أكتفى العلماء سابقاً بدراسة وحول البحيرات الواقعة في مقدمة جبهات الجلوديات والتي تبدو على شكل وريقات أو أحزمة Varves ناتجة عن تعاقب توضع شتوي وتوضع صيفي . ففي الشتاء يكون ذوب الجودية ضئيلاً بالواقع لهذا يسود على الترسيب الطابع العضوي ، وفي العكس ، خلال الصيف ، حيث تسود الحطاميات وتكون الطبقة أكثر سماكة . وعند احصاء الوريقات الحزامية يمكن التوصل لإقامة تأريخ دقيق نسبياً .

أما في أيامنا هذه فيعتمد على تأريخات النشاط الإشعاعي .

### ثالثاً - الرباعي : الزحوف الجودية .

لقد سمحت بعض هذه الطرائق ، المتضافرة مع الدراسة الميدانية ، بالاعتقاد بأن الدور الرابع قد تعرض إلى عدة حقبة جودية منفصلة عن بعضها بحقب فاصلة بين الجلوديات Interglaciaires تميزت بمناخ دافئ ، أي مناخ مماثل للمناخ الحالي أو أكثر حرارة منه بقليل . أما في جبال الألب فقد أمكن تمييز أربعة زحوف جودية لقبت بأسماء الأنهار الباقارية :

- الأول : غونز Gunz

- الثاني : ميندل Mindel

- الثالث : ريس Riss

- الرابع : فورم Würm

ومن الملحوظ أن أسماء الزخوف الأربعة تتعاقب حسب الترتيب الهجائي بالنسبة للأبجدية الفرنسية مما يساعد على حفظها ( شكل ١١٥ ) .

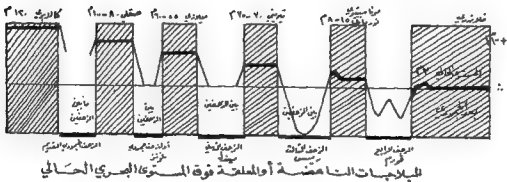
هذا وقد غطت القبعات الجليدية الكبرى ، في أمريكا الشمالية ، جزءاً من القارة في أربع مناسبات ، وعليه نيز هنا أيضاً زخوف تحمل اسم أربع ولايات أمريكية هي :

- نبراسكا .

- كانساس .

- ايللينوا .

- ويسكونسن .



( شكل ١١٥ )

كما دلت الدراسات الكلاسيكية التي جرت في النهل الشمالي الألماني على وجود ثلاثة زحوف جمودية دعيت بأسماء أنهار في ألمانيا وبولونيا :

- إيلستر Elster

- سال Saale

- الفيستول Vistule

( وهنا يكون الترتيب الأبجدي الأجنبي ملحوظاً على خلاف العرفية nomenclature الأميركية ) .

والحقيقة لا يزال تاريخ الزحفين الاوربيين أي زحف غونز وميندل غير معروف تماماً ، ولا داعي للدهشة إذا لم نجد ، فيما عدا جبال الألب ، زحفاً يكافئ زحف غونز ، ولهذا يجب أن نوازن وأن نجد التوازي بين زحف ميندل وإيلستر ، وبين ريس وسال ، وبين فورم وفيستول .

ونعرف أن زحف فورم وهو آخر الزحوف قد امتد من فترة تعادل ٦٠٠٠٠ سنة قبلنا إلى ١٠٠٠٠ سنة قبلنا ، أما الحقبة الفاصلة بين ريس وفورم فقد كانت نسبياً قصيرة ( ٢٠٠٠٠ أو ٣٠٠٠٠ سنة ) . أما زحف ريس فقد استمر ما بين ١٣٠٠٠٠ إلى ٩٠٠٠٠ أو ٨٠٠٠٠ سنة قبلنا . أما الفترة الفاصلة بين ميندل وريس فقد استمرت مدة طويلة نسبياً .

أما في الصحارى فلم تتشكل جموديات مطلقاً . ولكن بينما كانت الزحوف الجمودية تغطي جبال الألب وشالي أوروبا وقسماً كبيراً من أمريكا الشمالية ، كانت الصحاري تتعرض لفترات أكثر مطراً من المناخ الحالي : تلك هي الفترات المطيرة Pluviales ، وقد أمكن التعرف على بضع فترات مطيرة في المملكة المغربية وفي سورية حيث عثر على مستويين من القشرة الصحراوية

التي تشهد كل منها على فترة جافة . وتعتبر هذه الفترات المطيرة هي المسؤولة عن المخزونات المائية الباطنية الهائلة والتي وجد أن عمرها يتراوح ما بين ٢٥٠٠ و ٣٠٠٠ سنة في منطقة الرياض في أواسط جزيرة العرب .

#### رابعاً - الرباعي : ما بعد الزخوف الجمودية .

منذ انتهاء آخر زحف جمودي ، أصبح المناخ مماثلاً لمناخنا الحالي . بيد أن الزحف الجمودي لم ينته دفعة واحدة . فقد حدث أول تسخن يدعى فترة آلليرود Allerod وذلك بين ١٢٠٠٠ إلى ١١٠٠٠ سنة قبلنا ثم عودة البرد بين ١١٠٠٠ سنة و ١٠٠٠٠ سنة ، وبعدئذ لم تؤد التغيرات المناخية لأكثر من تبدلات طفيفة .

هذا وقد تعرضت الفترة التاريخية لبعض التغيرات . فبين عام ١١٠٠ حتى ١٣٠٠ ميلادي يبدو أن المناخ كان على درجة كافية من الحرارة مما أدى لتوسع الزراعة على حساب اجتثاث الغابات في أوروبا . وعلى العكس ابتداء من ١٣٠٠ حتى ١٩٠٠ ميلادي ، كان المناخ أكثر برودة ، وقد بدأت هذه الفترة بالمجاعات التي ظهرت في بداية حرب المائة عام . ويسمى بعض العلماء البريطانيين عودة البرودة هذه بالعصر الجمودي الصغير ، لأن الجموديات في جبال أوروبا الغربية تقدمت قليلاً بالفعل ، حتى أن جموديات مون بلان كادت أن تحجز وادي شامونيكس . ومنذ ١٩٠٠ أصبحت المناطق المعتدلة وخاصة المناطق القطبية الشمالية أكثر حرارة مما سبق بحيث بلغت الزيادة أكثر من درجة مئوية على الأقل .

غير أن هذه التبدلات المناخية الصغيرة لم تكن ذات تأثير مورفولوجي كبير ، ولكن الفترات الكبيرة الدافئة التي حدثت في الدور الثالث تركت في مناطق العروض الوسطى توضعات مميزة معهودة في الأقطار المدارية ، كما أن

فترات الزخوف الجمودية بصمت طابعها بشكل قوي على قسم كبير من العالم .  
وتشير دراسة ظهرت في شهر تموز ١٩٨٠ أن العلماء الذين يدرسون أثر  
إبادة الغابات على المناخ يرون نتيجتين متناقضتين :

- هناك فئة تتوقع ارتفاعاً في الحرارة الوسطى في العالم ناجماً عن أثر ثاني  
أكسيد الكربون الناجم عن حرق الأشجار ومصادر الطاقة المستحثة من فحم  
ونفط . وتشير أسوأ الاحتمالات إلى ارتفاع معدل الحرارة بمقدار ١,١ درجة  
مئوية فوق المعدل الحالي خلال السنوات السبعين المقبلة ، مما سيؤدي إلى  
ذوبان الطبقة العليا من الثلوج القطبية وارتفاع مياه البحار أكثر من ستة  
أمتار أي إلى غرق معظم المدن الساحلية في العالم .

- أما الفئة الأخرى من العلماء فتظن أن اقتلاع الأشجار سوف يتيح  
للأرض أن تعكس مقداراً أكبر من أشعة الشمس ، مما سيخفض درجة الحرارة  
حول العالم . وقد يسفر ذلك عن نتيجة جانبية هي تبدل في معدل هطول  
الأمطار يحمل الجفاف الدائم إلى مساحات زراعية واسعة في أمريكا الشمالية  
وأوروبا الغربية هذا فضلاً عن أثر تلوث سطح البحار بفضلات النفط أو  
لانفجار ناقلات البترول الضخمة مما يحول دون التبخر من فوق سطح البحار ،  
ويزيد من سرعة الزحف الصحراوي باتجاه منطقة الساحل الواقع جنوب  
الصحراء الكبرى وفي شمال شرق البرازيل ، ويزيد أعداد الجياع في العالم الذين  
يربو عددهم حالياً عن ٦٠٠ مليون نسمة .



## الفصل الثاني

### نظام الحت الجمودي

تمهيد - نهم بدراسة نظام الحت الجمودي أولاً : لأن هذا النظام لا زال يعمل حتى أيامنا هذه في النطافات المتجمدة ، وثانياً : لأن الجموديات اتسمت في خلال الفترات الباردة من الرباعي لمسافات أبعد بكثير مما هي عليه اليوم ، كما أنها ساهمت في تكييف تقاطيع مناطق واسعة تحررت اليوم من جمودياتها ، وحبث نستطيع رؤية الطابع الجمودي عليها .



تشغل الجموديات اليوم رقعة تقارب ١٥ مليون كيلو متر مربع ، أي تشغل رقعة تعادل مرة ونصف مساحة قارة أوروبا . أو تعادل رقعة الوطن العربي قاطبة . ويقع القسم الأعظم من هذه المساحة تحت القبعتين الجموديتين الكبيرتين أي القارة القطبية الجنوبية وجزيرة غروئنلندة . أما الباقي ، وهو المؤلف من جموديات جبلية أو من ألينة ممتدة في حضيض الجبال والناجاة عن تلاحم جموديات جبلية ، فلا يمثل سوى ٣ ٪ من المساحة الكلية للجموديات .

وفي خلال الزحف الأقصى للجموديات الرباعية ، كان الجليد يغطي على ما يبدو أكثر من ربع اليابسة ، أو ٤٢ مليون كيلو متر مربع ، أي أكثر بمقدار ٢٧ مليون كيلومتر من الوقت الحاضر . أي أن الجليد انحسر من فوق رقعة تزيد مساحتها عن ضعف قارة أوروبا ، رقعة تسود عليها المورفولوجيا الجمودية .



( شكل ١١٦ ) - التوسع الأقصى للجحوديات الرباعية الكبرى على جانبي المحيط الأطلسي حسب الخطوط للتقطعة

### أولاً - الجحوديات الحالية .

تظهر الجحوديات الحالية حسب أبعاد متفاوتة للغاية . فبعضها يتضاءل حتى يصبح عبارة عن لطخات من الثلج الدائم . ذاك هو الثلج المرصوص Nevé . وفي مقابل ذلك نجد الجحوديات القارية Inlandsis التي هي عبارة عن مساحات شاسعة من الجليد القاري . وتنتج جميعاً نفس الظاهرة ألا وهي تكدس الثلج من عام لآخر .

هذا ولا تتشكل الجحودية إلا فوق الحد الأدنى للثلوج الدائمة . ولكن قد تنتهي الجحودية تحت هذا الارتفاع لأن الجليد يجري نحو الأسفل ولا يذوب فوراً . فجحودية بوسون Bossons في كتلة مون بلان تنتهي عند ارتفاع يقل عن ١٣٠٠ م في حين يقع ارتفاع الثلوج الدائمة عند ٢٨٠٠ م . وفوق مستوى الثلوج الدائمة لا تكون المساحات كلها مغمورة بالجليد . فبعض القمم تخلو من الجليد ، باستثناء قشرة رقيقة من الصقيع verglas لأن هذه الذرا تكون مفرطة الانحدار بما لا يسمح للثلج بالاستقرار فوقها ، ويطلق عليها اسم مستعار من لغة الأسكيمو ، وهو نوناتاك nunatak .

واستناداً إلى أوضاع الجلوديات يمكن أن نغز فيها خمسة نماذج :

١ - الجلوديات القارية Inlandsis : وهي عبارة عن مساحات واسعة من الجليد ، كالقارة القطبية الجنوبية التي تمتد على مساحة تبلغ ١٣ مليون كيلومتر مربع في حين تبلغ مساحة القبة الجليدية في جزيرة غروئنلندة ١٦٥٠٠٠٠ كيلومتر مربع أو تقارب مساحة الجماهيرية الليبية . ولا تقل سماكة الجليد وسطياً عن ٢٠٠٠ م . ويفسر هذا التكس العظيم ببطء الذوبان تحت هذه المناخات الباردة بالموازنة مع الثلجية التغذية مع أن مناخ هذه المناطق يتصف بجفافه لأن معدل التهطال لا يزيد كثيراً عن ١٥٠ مم بالعام . كما تكون سرعة جريان الجليد بطيئة جداً والتبخّر شبه معدوم .

هذا ويشكل ماء الذوبان ، فوق جليد الجلودية القارية ، في كل صيف ، تيارات تحفر خنادق متعمقة لبضعة أمتار تدعى بيديير bedières ، قبل أن تختفي في آبار تدعى طواحين moulins وهي عبارات مستمدة من لهجات سكان الألب ، ولكنها تناسب بشكل فريد ظواهر الجلوديات القارية .

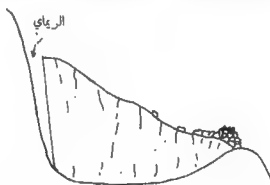
هذا وتمتد بعض الألسنة من الجلودية القارية حتى البحر حيث تعمل أمواج البحر وتيارات المد والجزر على تجزئتها إلى جبال جليدية أو Icebergs آيسبرغ .

٢ - القبعات المحلية : وهي أصغر رقعة بكثير وأقل أبعاداً من الجلوديات القارية ، ولكن القبعات المذكورة تغطي جبالاً برمتها وتستطيع أن ترسل ألسنة متشعبة من أطرافها . تلك هي حالة الجهاز الجودي في جبال رينييه Rainier في غرب الولايات المتحدة ، وهي عارة عن نموذج عما كانت عليه كتلة كنتال الواقعة في الكتلة المركزية الفرنسية خلال فترات الزحوف الرباعية .

٣ - جموديات الحلبة : نجد في الجبال التي تتجاوز قممها مستوى خط الثلوج الدائمة بقليل جموديات تستقر غالباً في حلبات cirques كما في أخفض مناطق الجبال القطبية أو شبه القطبية ، أو في جبال المناطق المعتدلة والمدارية . والجمودية المثلثة في ( شكل ١١٧ ) تعتبر ذات أبعاد صغيرة وتقع تحت



صورة رقم ١٣ - قمة جمودية ولسان جمودي : لاحظ المورين الأوسط ، والشقوق والجري المائي المترنح الذي يبني سندور أو ما يشبه غرور الانصباب في السيل ( جزيرة آيسلندا ) .



( شكل ١١٧ ) - جمودية الحلبة ( مقطع ) ، والرياي ، والمورين .  
لاحظ الحاجز الصخري الذي يغلق الحلبة في سافلتها ، والذي لا تجده في كل الحالات .

هيئة جدران صخرية شبه عمودية ، تهبط منها المهيئات الثلجية التي تؤمن تغذية المجمودية .

ويطلق على الشق الفاصل بين الجدار الصخري والجليد الذي ينفصل عنه والذي يبدو فاغراً ، اسم ريماي nimaye أما المورين ، الذي يتألف من توضع الأنقاض الصخرية المنقولة ، فيستقر في النهاية السفلى للمجمودية .

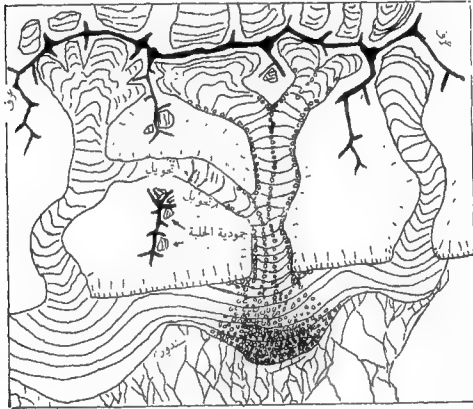
٤ - جموديات الوادي : تبدو جموديات الوادي ، والتي تكثر في الجبال الألبية ، تبدو أساساً وكأنها أسنة تتلقى في عالياتها جموديات رافدة .

ويتصف اللسان المجمودي بطبوغرافية محدبة لأن الذوبان يكون أشد قوة عند الأطراف . ويكون سطح الجليد مستوراً بصورة متفاوتة بتوضعات تدعى المورينات (شكل ١١٨) . وتتألف المورينات الجانبية من أنقاض صخرية سقطت من فوق المجمودية ، أو مقتلعة بفعل المجمودية من جدران الوادي ، وعندما يتحد تياران من الجليد ، يتشكل المورين المتوسط بفعل تضافر تيارين مورين جانبي . هذا وتستطيع المجمودية أن تنقل حجارة في داخل كتلة الجليد ، فتؤلف ما يسمى بالمورين الداخلي ، ولكن يبدو أن هذه المحولة الداخلية تنحصر بكيات زهيدة لأن الأنفاق التي حفرتها لجر مياه باطن المجموديات بقصد بناء مراكز كهرومائية لم تصادف ، في أغلب الحالات ، سوى القليل من الجلايميد التي حملها الجليد . وعلى نقيض ذلك تمثل مورينات القاع المؤلفة من جلايميد ومن أنقاض صخرية مجروشة فوق القاع ، تمثل حجماً كبيراً نسبياً . وأخيراً توضع المجمودية فوق جبهتها الأنقاض المنقولة ، التي تسمى أيضاً المورين التحتامي أو الفالوم الموريني vallum .

١ ولا تكون كل أشكال التراكم هذه مقتصرة على جمودية الوادي ، ولكن في

هذا النموذج من الجوديات يمكن تطبيق المصطلحات الجودية على خير وجه .

٥ - جموديات البيوننت : إذا كانت هناك عدة جموديات وديانية جيدة التغذية بحيث تصل حتى خارج الجبل ، فإنها تستطيع بناء قويسات lobes بيوننتية يمكنها أن تتلاحم فيما بعد ( شكل ١١٨ ) . هكذا كانت حالة الجموديات الألبية خلال الفترات الباردة . وفي الوقت الحاضر نجد أمثلة منها في آلاسكا ، مثل جمودية مالاسينا . وقد تصل جموديات كهذه إلى نطاق قد



( شكل ١١٨ ) - الألسنة الجودية وجمودية البيوننت ( piedmont ) .

لم يرمز للمورينات إلا فوق الجودية المركزية على شكل دوائر صغيرة جداً . لاحظ المورينات الجانبية ، والمتوسطة ، والختامية . أما المورين الختامي فلا يكون هنا على شكل فالوم بل عبارة عن تكس غشائي ، لأن المنطومة المثلثة أقرب للنموذج الآسكي منه للنموذج الألبى .

أما شبكة مجاري ماء النوبان فتتيز نطاق التكس المسمى التكس النهرى الجودي الواقع في مقدمة الجبهة ، أي الساندور .

يكون دائم الدفء ، مما يمنح ظواهر الذوبان أهمية فريدة ، بحيث لا تقدم مورينات صرفة بل أكداً من لحقيات غشائية .

### ثانياً - تطورات الحث الجودي .

ينجم الجليد عن تحول الثلج . فطبقة الثلج تحتوي ، بعد سقوطها مباشرة ، على الكثير من الهواء كما تكون كثافة الثلج ضعيفة ( ٠,١ وسطياً ) . وبتأثير الارتصاص ، والذوبان ، وتكرر الانجذاب المتعاقب ، يتحول الثلج إلى ثلج مرصوص Nevé ياثل هشم الجليد ، وذي كثافة تقارب ٠,٦ ، وبعد سنوات عديدة ، يتحول إلى جليد صرف كثافته النظرية ٠,٩ ولكن بالواقع تبلغ ٠,٨ إذ تبقى فيه بعض الفقاعات الهوائية .

ومن المعلوم أن الجليد لا يكون راکداً ، بل يجري من العالية إلى السافلة . وقد أمكن قياس السرعة السطحية للتجلد والتي تكون أشد قوة في وسط الجمودية مما هي على أطرافها بتأثير الاحتكاك . ولكن هذه السرعة تختلف كثيراً من مكان لآخر ، فتكون بطيئة جداً بالنسبة للجموديات القارية ، بينما تصبح شديدة جداً فوق ألسنة حافاتها وفوق الألسنة الألبية الكبرى ، مثلما تختلف السرعة حسب الانحدار وحسب الفصول .

وتطرح حركة الجليد مشاكل معقدة بالنسبة لفيزيائية السوائل والتي لن نتعرض لها هنا . وعلى كل حال يبدو من المؤكد أن لدونة plasticité الجليد ليست كاملة ، إذ ينفصل الجليد أحياناً عن قاع السرير ، كما يكون قصفاً cassant ويتشقق .

وتتباين آراء علماء الجموديات بالنسبة لتقدير الطريقة الإجمالية لعمل

الجليد . فبعضهم يرى أن الجليد يعمل كثيراً ، بينما يعتقد الآخرون أن عمله ضئيل جداً ، ولكن هناك من يتبنى نظريات وسيطة بين الرأيين . ومن المحتمل جداً أن حدة العمل الجليدي تختلف باختلاف الأمكنة ، وأنها تتعلق خاصة بسرعة الجليد ، وبسبكه ، وبطبيعة الصخور السريير الجليدي .

أما من وجهة النظر التفصيلية فإن الجليد يقوم بكشط سرييره بالاستعانة بالجلاميد التي يتلفها . وهكذا يشكل في الصخور التي يجري فيها ثلجات stries يبلغ عمقها بضعة ميلترات على طول بضع عشرات السنتيمترات ، مثلما يقوم الجليد بصقل الصخور وذلك ليس فقط على طريق مروره ، بل يستخدم الأنقاض المسحونة ، كالرمل المبلل ، كأداة صاقلة ، والذي يدعى الطحين الجليدي . ونظراً لشدة احتكاك الجليدية بالصخر فهي تؤدي إلى تدوير نتوءاته وتحول صخور مجراها إلى صخور غنمية roches moutonnées ، أي كنظر سطحي لقطيع من الخراف .

هذا ويقوم الجليد أيضاً بحتّ أشد بواسطة اقتلاع الجلاميد ، وخاصة من فوق المنحدرات الشديدة المتجهة نحو السافلة ، وذلك بقلع الجلاميد المحدودة بفصاتها diaclases . ولكن هذين العاملين لا يتعارضان بحيث لا ينفي أحدهما الآخر . فبعد انقلاع الجليد يقوم الصقل بتدوير الحروف الحادة النائية .

هذا ولا تكتيف الجليدية سريرها فحسب بل تكتيف الأنقاض التي تحملها . وهكذا تكون مواد مورينات القاع أكثر جرساً من المورينات السطحية ، ولهذا تحتوي على نسبة أكبر من الطمي الناعم . ولهذا تتميز بشدة تباين مقاييس حباتها ، والغضار وحده هو الذي يُفتقد في أكثر الأحيان . أما مورينات السطح فتتألف خاصة من أنقاض خشنة . ويطلق على أكبر جلاميدها اسم الجلاميد الثائهة .



وتتميز كل هذه الأنقاض الجمودية عن الأنقاض التي تحملها مياه ذوبان الجمودية الجارية فيما بعد الجبهة الجمودية والتي تدعى الأنقاض النهرية الجمودية . وتتصف الأنقاض النهرية الجمودية باستدارتها على خلاف الأنقاض الجمودية المألوفة . مثلما تكون ذات أبعاد متقاربة وتشتمل من ناحية على حصاء galeis ، وعلى رمال خشنة من ناحية أخرى .

### ثالثاً - الأشكال الجمودية

١ - الحلبة : بما أن جودية الحلبة هي أكثر أشكال الجموديات أبعاداً ، فإن الحلبة تكون بالتالي إحدى أكثر الأشكال الجمودية بساطة . فهي منخفض على شكل نصف دائرة تشرف عليه جروف شبه قائمة . وهناك حلبات من كل المقاييس : فأحياناً تكون عبارة عن نقرات niches لا يزيد عرضها عن بضعة عشرات الأمتار ، وأحياناً أخرى على شكل مدرجات واسعة تنتهي عندها عالية الأودية الجمودية . وعلى كل يجب أن نغيز :

- حلبات على شكل نقرات متشعبة على خاصمة الجبل . ولأكبر هذه الحلبات البدائية قاع منبسط أو ضعيف التوج يشتمل أحياناً على بحيرة صغيرة ( شكل ١١٩ ) . وقد تكون هذه الحلبة مغلقة باتجاه السافلة بالخذار عكسي يحجزها .

- وهناك حلبات معقدة ، على شكل درجات ، تقطع رأس جودية بكامله . تلك هي حالة حلبة غافارني Gavarnie في جبال البيرينييه العليا .

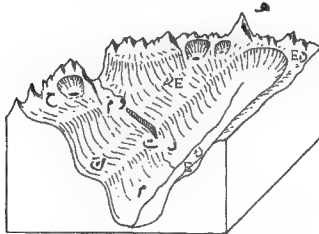
وتحوي الجبال التي تقتصصها الحلبات أعرافاً محززة على شكل أسنان المنشار أو سروات Sierra ، لم تتكيف بواسطة الحث الجودي ، لأنها كانت دوماً خالية من الجليد ، على شكل نوناتك ، بل تكيفت بواسطة الانحدار الذي

يصيب الجدران العارية للحلبات . وقد يحدث أن ينتصب عند نقاط تقاطع الأعراف هرم يدعى هورن horn ( شكل ١١٩ ) يشرف من عل فوق السوية العامة لأسنان المنشار مثال ذلك جبل سيرفان Cervin في جبال الألب السويسرية .

ولتفسير تشكل الحلبات يذهب بعض المورفولوجيين إلى أن ذلك يعود فقط لتطويع حوض استقبال سيلى بفعل الجليد ، بينما يرى الآخرون إلى أن الجليد والثلج قادران لوحدهما على حفر حلبة دون وجود شكل مورفولوجي سابق مجهز سلفاً .

٢ - الوادي الجمودي : ونجد في الجبال بشكل خاص حيث ينتج هناك عن عمل اللسان الجمودي . وقد اعتبر العلماء في أكثر الأحيان أن الوادي الجمودي ، والوادي على شكل حرف U والوادي المعلق هي عبارات مترادفة .

الحقيقة أن للعديد من الأودية الجمودية شكل معلق مميز مع خواص منتصبة وقاع منبسط . وعلى كل فإن انبساط القاع يعود في كثير من الحالات إلى انطواء بحيرة قديمة بفعل النهر الذي يجري في الوادي :



( شكل ١١٩ ) - نموذج الضريس الجمودي الألبى

م - معلق . وم - واد معلق . د ت - درجة رفد مع خائق الارتباط . هـ - هورن . ك أو E - كتف ( لاحظ الصخور الفنية ) . ح - حلبة ( لاحظ البحيرات الصغيرة السوداء ) .

تلك مثلاً حالة معلف غريز يفودان Graisivaudan في جبال الألب الفرنسية . وفيما عدا المناطق التي كانت تحتلها بحيرة قديمة ، فإن الوادي الجودي يتصف على العموم بمقطع على شكل مهد ، ذي قاع غني الأرضية .

غير أن بعض قطاعات الوادي لا تكون على شكل U ، واضح جداً ، وبالفعل كثيراً ما نجد في قاع U أن نهر الجودية التحتي ، والذي يتلقى مياه الذوبان ، استطاع أن يشكل خاتقاً على شكل ٧ .

وإذا لم يكن كل واد جمودي على شكل حرف U ، فإن كل واد على شكل U ليس وادياً جمودياً . ففي كل مرة نكون أمام محور في صخور قاسية قادرة على الاحتفاظ بالحدار قوي على السفوح كالصخور الكلسية مثل وادي العاصي عند دركوش ، واد يزداد عرضاً بفعل النسف الجانبي ( نسف بواسطة نهر كثير المحمولة ومترنج ، أو نسف بفعل تجولات الأكواع باتجاه السافلة ) ، تتحقق الشروط اللازمة لشوء واد معلفي الشكل . ويكفي أن يجري النهر فوق سرير أعظمي لحقي ذي عرض لا بأس به ، يكون منبسطاً كانبساط قاع بحيرة مردومة ، كي نحصل على معلف لحقي غير جمودي .

وهكذا لا يمكن التعرف على الوادي الجودي بواسطة قرينة وحيدة ، بل بواسطة مجموعة وقائع : كوجود التوضعات المورينية ، والتقاطيع المتميزة بتشوشات في المقطع الطولي وفي المقطع العرضي .

آ - المقطع الطولي : وهو أحد أكثر التشوشات وضوحاً وينتج عن انقطاعات في التوضعات المورينية وخاصة بالثالوم الختامي الكثير الحداثات الناجمة عن المورين الجبهي .

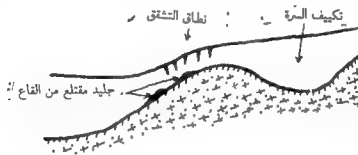
ولكن الأمر الجوهرى في تقاطيع المقطع الطولي لا ينتج عن التراكم بل

عن الحت الذي يعتبر مسؤولاً عن الاستعاق surcreusement أي عن حفر في السافلة على شكل ميل عكسي contre-pente .

والواقع يبدو الوادي الجودي على شكل تعاقب من بقاع عريضة أو السرّات ( مفرد سرة ) التي تكون مناطق تعميق ومن بقاع ضيقة أو المزاليج ( جمع مزلاج ) التي تعتبر تضاريس تجز الوادي ( شكل ١٢٠ و ١٢١ ) وأحياناً نجد بحيرة تحت السرر التي استعمقها surcreusé عمل الجليد .

وهكذا يكون للبحيرات الواقعة في حضيض جبال الألب في سويسرا أو في إيطاليا ، ولبعض البحيرات الايقوسية كبحيرة مورار Morar ، يكون لها أعماق تبلغ بضع مئات الأمتار ، كما يكون قاع بعضها دون سوية البحر فيكون عمق بحيرة غارد في شمال إيطاليا ٢٩٥ م دون سطح البحر . هذا كما سبق لبحيرة غريز يفقدان أن انحفرت بدورها حتى دون سوية البحر ولكن انطواء بحيرة الاستعاق هو الذي حجب المنخفض القديم .

وتقع المزاليج بين السرر ، وهي عبارة عن نتوءات صخرية تتخذ شكلاً غنياً بفعل الحت . فتارة تقوم بحجز الوادي تماماً ، باستثناء الخائق النهري



( شكل ١٢٠ ) - مقطع طولاني في سرير يظهر فيه تكييف سرة ومزلاج

لاحظ كيف يقدم مقطع القاع ميلاً عكسياً في سافلة السرة ، في حين أن مقطع سطح الجليد يكون هابطاً دوماً ، ويعتريه انقطاع في الليل عند المزلاج . تكييف السرة . نطاق التشقق . جليد مقتلع من القاع .



( شكل ١٢١ ) - مقطع طولاني لواد جودي ( خط أسود متصل ) والتعديلات التي قام بها المقطع النهرى بعد انحسار الجودية ( خط متقطع ) .

ويكون سلم الارتفاعات ميالاً هنا .

لاحظ البحيرات الثلاث السائرة نحو الانطواء بفعل مجاولات اللحقيات النهرية بعد الجودية .

وعند سافلة المورين نجد اللحقيات النهرية الجودية التي ستؤلف مصبطة إذا استطاع النهر بعد الجودي أن يتعمق في مكانه .

الذي يجزها ، أو بعض الثُرىضات encoches التي حفرتها المياه الجارية من تحت الجودية ، وتارة أخرى تشكل من حديدات صخرية متجاورة تترك فيما بينها ممرات عريضة . أما المزاليج فهي مواقع قلاع بعد انحسار الجودية مثل بريانسون أو قصر كيراس في جبال الألب ، أو مواقع سدود كهرومائية حالياً .

وعند النهاية السفلى للوادي يشكل المورين الجبهي بدوره بروزاً ، وفي سافلة هذا المورين تفرش مياه الذوبان اللحقيات التي تدعى اللحقيات النهرية الجودية .

ولا يكون من الميسور دوماً تفسير ظاهرة تعاقب السرر والمزاليج . وليس من المؤكد دوماً بالواقع معرفة فيما إذا كانت المزاليج تنطبق على انكشافات صخور قاسية وفيما إذا كانت السُرات تحتل مواقع صخور طرية . ويرى بعض علماء الجوديات glaciologues أن المزالج عبارة عن منطقة حث ضعيف لأن

الجمودية تكون قليلة السماكة ، في حين يعتقد الآخرون ، على العكس ، أن المزلاج ليس عبارة عن تضريس مستثنى ، بل بالأحرى عبارة عن تضريس أكثر تعرضاً للحت من السرر : أي أن الجمودية تحتفظ فوق المزلاج ببيل أكثر شدة للتغلب على مقاومته . وتقبل هذه النظرية القول بأن عمل الجمودية يتعلق بسرعتها ، التي تتعلق بدورها بالميل ، أكثر من علاقته بسماكة الجليد .

**ب - المقطع العرضاني :** ولا يقل المقطع العرضي تشويشاً عن المقطع الطولي في الوادي الجمودي . فعندما يكون بسيطاً ، فإن شكله يتراوح بين مقطع المقلاة وبين شكل حرف V . ولا تنجم التشويشات فحسب عن المورينات التي قد تكون موجودة فيه : كتوضعات مورينات القاع ، أو الأعراف المتطاولة من المورينات الجانبية ، بل أيضاً عن المنبسطات replats أو الأكتاف epaulement (شكل ١١٩) التي تشرف على قاع الوادي من ارتفاع يبلغ بضع مئات من الأمتار وحيث تستقر القرى أحياناً فوقها . وقد تكون بعض الأكتاف بنيوية ، وفي هذه الحالة ، يمكن تفسيرها وكأنها تشويشات ناتجة عن صخور قاسية عجز الحت عن إزالتها كصخر التيتونيك tithonique أو الجوارسي الأعلى في منطقة غريزيفودان ولكن توجد أيضاً منبسطات ، أو أكتاف ، فوق خواصر أودية تكون الليتولوجياً فيها متجانسة تماماً . وهكذا تظهر مشكلة أصل الأكتاف على غاية من التعقيد ولا مجال للتعرض لها في هذا المجال .

هذا ولا تتم عملية ترافد الأودية الجمودية دوماً على سوية واحدة كما يجري بالنسبة للأودية النهرية ، إذ قد يكون الوادي أحياناً معلقاً فوق الآخر (شكل ١١٩) : أي يصبّ من عل ، أي من على ارتفاع يبلغ أحياناً بضع مئات من الأمتار . وهكذا نجد أن وادي كوترير Cauterets يبدو معلقاً فوق وادي

بو Pau في جبال البيرنيه . كما قد يحدث أن يكون الوادي الرئيسي اليوم هو الذي يصب فوق واد أصبح الآن ثانوياً . وهكذا نجد أن وادي رومانس الأعلى يصب فوق وادي فينيئون Vénéon وربما كان ذلك لأن الوادي الثاني ، والذي يتمتع بتغذية أفضل بالجليد من النطاق العلوي في منطقة وازان Oisans ، كان قادراً على أن يخفر أكثر ، وعلى العكس ، فإن وادي رومانس الأعلى فقد قسماً من الجليد الإضافي بواسطة ممر لوتريه Lauteret ( جنوب شرق فرنسا ) . ويبدو أن درجات الرغد confluence هذه إنما تنتج عن تباين حفر الجوديتين المقترنتين ، وإذا كان تواصل سطح الجليد كان يتم على سوية واحدة ، فإن مستوى القاع يكون أعرق كلما كان الجليد أكثر سماكة .

وإذا ما وجدت جودية الوادي مرأ في خاصة مجراها يكون مستواه دون مستوى سطح جليدها ، فإنها ترسل فرعاً يستطيع اجتياز الممر ويكتفه فيما بعد على شكل مهد . وهكذا تشكلت ممرات عريضة تدعى ممرات التحويل transfluence أو diffuence ( شكل ١١٨ ) ، والتي تكثر في جبال الألب ، أو كل الممرات التي تمر منها الطرق المعبدة ، وأقل من ذلك بكثير في جبال البيرنيه ، حيث يشكل العرف الأعلى حاجزاً أمام اجتياز أكداش الجليد ، غير أن ممر بوموران Puymorens يعتبر مثلاً رائعاً عن ذلك . ويستطيع الجليد أن يكتف وادياً تحويلاً حقيقياً ، كحال كلوز أنسي Annecy وكلوز شامبيري Chambéry . وهكذا تبدو الجبال التي تعرضت لاجتياحات جودية شديدة خلال الفترات الرباعية الباردة وكأنها شبكة من وديان عريضة ذات سرّات ( جمع سرّة ) ومزاليج مع وديان تحويلية ، كما في جبال اسكندينايفيا وايقوسيا والألب ، مما يسهل المواصلات ويتنافر مع الأعراف العليا المقطعة بين الحلبات أو المساحات المرتفعة المتكيفة بفعل جموديات الهضبة .

### ٣ - السهول والهضاب الجبلية :

تختلف طبغرافية الوديان والأعراف كثيرا عن طبغرافية السهول والهضاب الجبلية . وتكون هذه عبارة عن سطوح ذات تموجات متواضعة تعرف في الأقطار الاسكندنافية باسم فييل fiell أو فييلد field ، والتي تتقطع بمعالف نادرة ، غالبا ماتكون ضحلة .

وتبين الأشكال الحثية في منطقة انطلاق الجبلية ، كما في شمال كندا ، وشمال السويدا وفنلندا ، وعلى عكس ذلك تقع أكثر نطاقات التراك نشاطا على هامش الجبلية ، كما في ألمانيا الشمالية وشمال السهل الأوسط في الولايات المتحدة . ولكن كثيرا ما يتداخل نموذج الأشكال المذكوران ولاسيما وأنه يحدث أثناء تقهقر الجبلية أن يصبح مركز الجبلية القارية ، ولفترة ما ، نطاقا هامشيا .

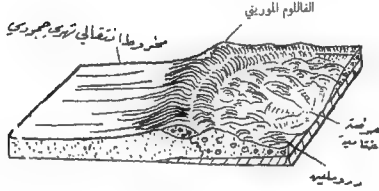
أما المناطق التي تسود فيها الصخور الغنية فتبدو كمجموعات تضرسية كثيرة الحداث . فالحدبات التي تتكشف من فوقها الصخور عارية ، محزنة ، مصقولة بالجليد ، أو مقطعة إلى جلاميد ، تعوم فوق منخفضات صغيرة مشغولة بمستنقعات أو بحقول طورية ، نتيجة التراك التالي للزحوف الجبلية في المنخفضات المستعمقة . وقد تتكن رقع مورينية صغيرة من غر السفوح الصخرية ، ولكن لا يؤلف ذلك سوى طابعا ضئيلا في التضريس .

أما التراك فيتخذ أشكالا مختلفة جدا وذلك فيما إذا كان التراك المذكور قد حدث تحت جبلية ناشطة أو فوق هامشها . فالدروملين drumlins ( شكل ١٢٢ ) هي تلال على شكل ظهر حوت البالين مع بعض التنوعات . وتكون أبعادها متباينة فيتراوح طولها بين بضع عشرات إلى بضع مئات الأمتار في حين





( شكل ١٢٢ ) - نماذج الدروملين



( شكل ١٢٣ ) : القالوم الموريني

يكون عرضها أقل من طولها بثلاث إلى أربع مرات ، كما أن ارتفاعها يبدأ من خمسة أمتار حتى ٤٠ مترا . وتتجمع هذه الدروملينات عموما على شكل ميادين حيث نجد مستنقعات تفصل بين هذه التلال البيضوية الشكل . ويكون المحور الكبير للدروملينات متوازياً تقريباً ، متجهاً حسب اتجاه جريان الجودية القديمة . هذا وقد يكون للدروملين نواة صخرية أو تكون هذه النواة مفقودة ، وعلى كل يتألف الدروملين من أنقاض صخرية جلبتها الجودية ، أنقاض لا تكون مدورة بالضرورة وغالباً ما تكون رديئة التطبق وتلعب الدروملين الدور الذي يلعبه القاع الضحل الرمل في التراكم النهري ، أي أنها تمثل نتيجة فائض محلي في الحمولة توضع الجودية ، في حين أن جريان الجليد يكتف بالتوضع . وهكذا لا تكون الدروملينات سوى زيادة محلية في سماكة مورين القاع ، كلفتها الجودية حسب أشكال ناجمة عن حركيتها الخاصة .

أما تضريس مورينات القاع فأكثر غوصا وخاصة حينما لا يكون التراكم قد حدث على شكل أكداش كما هو الحال بالنسبة للدروملين . ويكون مورين القاع على شكل غطاء غير منتظم ، تارة منبسطا كما في جزء من جزيرة سيلند Seeland الدانمركية ، وتارة متموجا على شكل تلال غير واضحة التفرعات الإصبعية ، تنفصل عن بعضها ببحيرات . وعلى خلاف الاعتقاد الذي ساد لمدة طويلة ، لا يكون الغطاء الموريني سميكاً مطلقاً ، إذ لا يتجاوز سمكه الوسطي بضعة أمتار ويصل إلى الثلاثين إذا ما تنضدت عدة موجات مورينية فوق بعضها البعض . وهكذا يلبس الغطاء الموريني شكل تضريس ما قبل الجمودية وإن كان يطمس بعض معالمه .

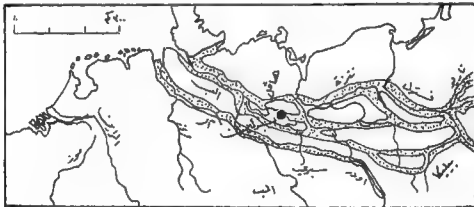
أما الأقسام التي استعمقت أكثر من سواها في الجموديات القارية inlandsis ، أي تلك التي تتطابق مع القطاعات التي كان الجليد يجري فيها بسرعة أكبر رغم احتفاظه بسمكته ، أو الأقسام الواقعة في مناطق تتكشف فيها الصخور الطرية على نطاق واسع ، كما في السويد الوسطى حيث تظهر أكثر الصخور رخاوة ، أقول لقد اغفرت الأقسام المذكورة وتحولت إلى بحيرات ، وهذا هو أصل البحيرات العديدة في المناطق القديمة للجموديات القارية ، كتلك البحيرات التي تواكب هامش الجبن الكندي .

وأكثر أشكال التراكم الجمودي تعقيدا هي أشكال هامش الجمودية ، أي حيث يتأرجح عمل ماء الذوبان ، أي الماء النهري الجودي ، كما يسمى ، وعمل الجليد ذاته . فضلا عن ذلك تختلط هنا التوضعات المعاصرة لانحسار الجمودية مع توضعات الزحف الجودي الأعظمي . وخلال التقهقر يذوب الجليد محليا كما لا يتعرض لحركة تدفعه باتجاه السافلة . وهنا يتخلع ويتصدع الجليد على شكل كتل أو على شكل أعمدة غليظة منفصلة عن بعضها ببحيرات أو بالمياه

الجارية . وهناك اتجاه متزايد لإعطاء أهمية للأشكال الناجمة عن تراكم اللحقيات فوق أو تحت الجليد الميت أو فيا بين كتله .

هذا وتستطيع مياه الذوبان أن تجري بصورة متعابدة مع الجودية وهي متعددة عنها ، أو أن تشكل تيارات طويلة تسير جبهة الجودية ، وتدعى تيارات مقدمة الجودية *proglaciaires* . هذه التيارات هي أصل منشأ الوديان الكبرى في السهل الألماني البولوني الذي تجزأ بفعل تغيرات المجاري المائية به انحسار الجوديات ( شكل ١٢٤ ) . وتنطبق هذه الوديان الكبرى على عدد مراحل تراجع الجودية القارية . وقد أطلق العلماء الألمان على هذه الأودية اسم أورسترومتال *urstromtals* . ولكن مياه مقدمة الجودية تستطيع أن تشكل بحيرات وذلك حيثما صادفت منطقة مستعمقة أو واديا يحجزه الجليد . تلك هي حالة البحيرات الكبرى الأمريكية خلال مراحل تراجع آخر زحف جمودي .

كما ويشكل التراكم الجودي أيضا أشكالا أخرى : مثل أوس *os* ( وجمعها باللغة السويدية أوزار *osar* ) وتبدو كنوع من ردم مائل لردم حصى الخط الحديدي ، ولكن القمة تكون أقل انتظاما ، مع انتفاخات وأحيانا مع رؤوس



( شكل ١٢٤ ) - الأورسترومتال في السهل الألماني - البولوني

( نقل عن ب . جويج و ج . تريكار . في كتاب أوروبا الوسطى ، شكل ٣ )

حادة . أما على المقياس الطولي فالأوس يمكنها أن تتناول على شكل شرطان متعرجة لمسافة تبلغ عشرات الكيلو مترات .

وتكون الانقراض التي تشكل منها الأوزار دوما متطبقة وجيدة الاستدارة مما يوحي بأصلها النهري . غير أن هذا التل الطويل يصعد ويهبط حسب نزوات الطبوغرافيا التي قام فوقها أحيانا دون أي اكتراث بها كما أن كثرة الميول العكسية تبدو غير متناسقة مع فرضية توضع نهري مكشوف . وهكذا يبدو أن الأوزار عبارة عن أشكال تراجع جودي ناتجة عن مياه الذوبان التي تحولت إما في أنفاق في باطن الجودية أو في الفواصل الواقعة بين كتل الجليد الميت . أما الأيسكر ( كلمة إيرلندية ) فهي أشكال مشابهة كثيرا للأوزار الاسكندنافية .

وهناك شكل متعرج يخلفه الجليد الميت وهو الكتيل Kettle ، وهو عبارة عن أثر لعمود جليدي استدعى ذوبانه زمنا طويلا ، في فترة كان العمود المذكور محاطا بتوضع للحقبات النهرية الجودية .

هذا وقد تتراكم في مقدمة الجودية القارية ، في مرحلة زحفها الأقصى ، مورينات جبهية ( أو ختامية ) ذات أشكال متفاوتة في تعقيدها . والمورينات العائدة للزحف الجودي الأخير هي الأكثر جدة ونضارة من حيث مظهرها ، وهي التي تشكل أكوام العراقيب البلطيقية .

وتؤلف الانقراض النهرية الجودية المفروشة في مقدمة المورينات وفي حضيتها ، تؤلف سافات من مواد خشنة عند أقدام الجبال ، ومن مواد ناعمة عند جهات الجوديات الإقلبية ( شكل ١١٨ ) . وتدعى هذه السهول المؤلفة من مواد ناعمة ساندور sandur في ايسلندا . وتؤلف في الدانمارك وفي ألمانيا الشرقية رقعا فسيحة من الأراضي البائرة ، أو اللاند landes .

أما أغشية لحقيات البيوننت ، شأن الأغشية الناجمة عن الجوديات الرباعية

في جبال الألب ، فقد تعرضت للتحزيز بفعل حت ما بعد الجلوديات  
postglaciaire وتشكل اليوم مصاطب .

#### رابعا - التشوهات الجلودية - التوازنية السيلية isostatiques

لقد كان من جراء ذوبان الجليد بعد التسخن المناخي رفع سوية مستوى  
ماء البحار . ومن المعروف بأن الحركة الأوستاتية eustatiques هي حركة  
عامة تنتاب مستوى الأساس البحري العام . ونعني بها هنا الحركة الجلودية  
الأوستاتية . ولكن الحركة تتجلى أيضا بحركة توازنية سيلية  
isostatiques : ذلك أن الأجزاء القارية المتحررة من الجليد تصبح متخففة ،  
وربما أن هذه الأجزاء صارت في حالة اختلال توازن فوق قاع من السima ،  
فإنها تأخذ في النهوض تدريجيا . وهكذا تعرضت اسكندينايفيا لحركة توازنية  
سيلية بلغت في منطقة السعة القصوى أكثر من ٢٥٠ مترا ، أي في المنطقة  
الواقعة في صدر خليج بوتني . وقد أدى ذلك لنتائج ظهرت في شكل  
الشواطئ ، وعلى تشكل المصاطب البحرية ، وعلى الترسيب .

وخلال تراجع الجلوديات الاسكندنافية كان البحر يجتاح الأراضي التي  
عامت حديثا على أطراف البحر البلطي ، والتي كانت حينذاك واقعة دون  
سوية البحر بسبب الانخفاض التوازي السيلي الذي اعترى اسكندينايفيا ، ولأن  
النهوض التالي للذوبان الجليدي لم يحدث بعد . وقد خلف هذا البحر العديد  
من المصاطب الشاهدة والتوضعات ، ولا سيما غضاريات يولديا Yoldia ،  
تلك الغضاريات ذات القيمة الزراعية الكبيرة في المناطق المجاورة للبحر البلطي  
والتي منحت البحر القديم اسم بحر يولديا . وقد جرت حوادث مماثلة في  
وادي السان لوران ، حيث احتل بحر شامبلان Champlain مناطق شاسعة ،  
عامت بعد النهوض التوازي السيلي .

وقبل الفراغ من الكلام عن التضريس الجودي علينا أن نتذكر بأنه كان للزحوف الجودية نتائج أخرى على شكل رسم السواحل ، ولا سيما المعالف الجودية التي يحتلها البحر والتي تشكل الفيوردات fjords الشهيرة .

#### خامسا : الخلاصة

يؤدي التضريس الجودي لظهور أشكال متنوعة جدا في الجبال وفي مناطق الجوديات القارية القديمة أو جوديات البيونت piedmont<sup>(٢٨)</sup> . وإجمالا تكون كل الأشكال الناتجة عن الجودية نفسها فوضوية كالصخور الغنية ، ومقاطع الأودية المعلقة والمورينات . ولكن تضافر عمل مياه البحر أو مياه الذوبان يظهر على شكل سطوح منبسطة : كسهول غضار يولديا ، واللحقيات التي تزدحم بحيرات مقدمة الجوديات ، والساندور ، والمصاطب النهرية الجودية .

هذا ولكن سرعان ما تتعرض الأشكال الناتجة عن المنظومة الجودية والنهرية الجودية إلى الانطاس خلال الفترات الفاصلة بين الزحوف الجودية أو في فترة ما بعد الجوديات . وفي الحقيقة تخضع هذه الأشكال إلى الانحطاط الذي يفرضه عليها نظام حث حو جودي Périglaciaire هذا كما يعمل الحث النهري على تخريبها وذلك بردم السرر وبحز الميول الشديدة : كخوانق الارتباط بين قطاعي واد واحد أو تحزيز المزاليج ، وبين واد رئيسي ، والتخديدات السيلية في خواصر المعلق . وإذا كانت أشكال آخر زحف جودي لا تزال تحتفظ بنضارتها فذلك لأنها حديثة جدا .

---

( ٢٨ ) منطقة منخفضة واقعة عند تماس كتلة جبلية والتي تختلف عن السهول الحقيقية بأنها واقعة تحت هبة الجبل ذاته . وتظهر الهبة المذكورة في الترسب : فليش ، مولاس ، لحقيات ، ومورينات ، الخ . واقتبست الكلمة من سهل البيونت الواقع بين جبال الألب من الشمال الغربي وبين سهل البو الإيطالي . والبيونت عبارة عن سهل يتكىء على الجبل ويقتد أقدامه حتى السهل وهو عبارة عن تلاحم غاريط انصباب .

## الفصل الثالث

### نظام الحت الحوجمودي périglaciaire

مقدمة : لقد أسي، اختيار عبارة حوجمودي . فهي توجي بتحديد مكاني عند محيط الجوديات ، وهو مالا يتطابق دوماً مع الحقيقة . وفي الواقع هناك جوديات عديدة تنتهي في بيئة معتدلة لاتنسب لنظام الحت الحوجمودي . وسنخصص اسم الحوجمودي للنظام الذي يلعب فيه الانجذاب دوراً هاماً ، وذلك خلال شطر كبير من السنة على الأقل ، ولكن مع بقاءه متقطعاً ودون أن يتغطى سطح الأرض بغطاء من الجليد طيلة العام ، أو بعبارة أخرى : يؤلف الانجذاب والانفكاك ازدواجاً في تطور هام ، وليس كحادث عارض فحسب كما يحدث في المناطق المعتدلة .

#### أولاً - المدخل

تكون البيئات البيومناخية الحوجمودية متنوعة . ونستطيع أن نميز فيها ما يلي :

أ ) مناطق لا يكون الصيف فيها شديداً لدرجة تمنع نمو النبات ، فتكون الأرض مغطاة بنوع من مرج ، أي المرج الألبى أو التوندرا ، وهذا الغطاء يبطئ حركات للتربة مثلما يحمي الصخر الأم الحلي الأسفل .

ب ) صحراء التجمند gélivation ، وتكون على العكس ، عبارة عن نطاق يكون الصيف فيه شديد البرد ، أي دون ٦ درجات وسطياً ، أو يكون شديد القصر بحيث لا يسمح بوجود غطاء نباتي . وتكون الصخور عارية غالباً ، مما يعطي مشهداً هو عبارة عن جلاميد تشظت بفعل الانجذاب .

وعلىنا أن نقيم تميزاً آخر في داخل المجال الجوجودي فنميز أولاً المناطق التي يكون باطن أرضها متجمدا بشكل دائم ، والمناطق التي ينفك جليد باطن أرضها خلال الصيف . فالنطاق الأول ينطبق على المناطق التي تكون ذات حرارة وسطى سنوية تقل بشكل واضح عن الصفر ( ولكن في بعض البقاع يكون باطن الأرض المتجمد مستحاثا ، وموروثا عن الفترة الفورمية ، وينكش شيئا فشيئا ) . ويوجد تحت الطبقة السطحية التي تتجمد شتاء وتنكش صيفا ، يوجد تشكّل دائم التجمد يدعى تيال tjale وهي كلمة لابونية ، أو مرزلوتا بالروسية أو برما فروست Permafrost بالانكليزية أو برجيليزول Pergélisol . ويلعب هذا التشكّل دورا عظيما ، ليس فقط في استغلال المناجم ، لأنه يعني من بناء الهياكل الخشبية في الأنفاق ، ولكنه يلعب دورا على نفس المستوى في المورفولوجيا . غير أن بعض العلماء بالغ في أهميته . غير أن وجود البرمافروست لا يكون بالأمر الحيوي اللازم لنشوء معظم الأشكال الناتجة عن النظام الحثي الجوجودي . ويطلق على التربة الموجودة فوق التيال ، والمشبعة بالماء ، اسم مولليزول mollisol والتي لا يتجاوز سمكها ٦٠ سنتيمترا ، والتي تلعب دور زنبك عندما يسير فوقها الإنسان وذلك قبل أن تنساخ قدماء فيها .

ويضم النطاق الخاضع للنظام الجوجودي حاليا مجالين متميزين هما مجال الارتفاعات الشديدة ومجال العروض العليا . فضلا عن ذلك وإلى الجنوب من نطاق العروض العليا هذا ، هناك شريط عريض تعرض خلال الفترات الباردة الرباعية إلى مناخ سمح بهينة نظام الحث الجوجودي حينذاك . وكان القسم الأكبر من أوروبا الغربية مندمجا ضمن هذا الشريط . وعليه فإن الكثير من الأشكال فيها قد أخذت تقاطيعها بفضل العوامل التي سندرسها بعد قليل .



## ثانيا - العوامل السائدة في نظام الحت الجوهودي

إن العامل الأساسي هو آلية العمل المتعاقب للانجذاب والانفكاك . ويتم العمل بشدة أكبر بكثير في بيئة رطبة منها في بيئة جافة . ففي حالة الجفاف ، يكاد هذا العمل يقتصر على حالة فريدة هي التقلصات والتمددات الناجمة عن اختلافات الحرارة . وهناك تطبيق عملي لهذا التأثير الأدنى للانجذاب في بيئة جافة : ففي الأقطار الباردة يعتمد لتحاشي تشوه الطرق إلى تصريف الماء عنها بواسطة حفر جانبية عميقة أو ترفع الطرق للأعلى بحوالي متر واحد لجعلها في منأى عن تأثيرات الغشاء المائي البشري .

أما في بيئة رطبة ، فإن الماء يتثبت في الصخور أو في التربة ، ويظل سائلا فوق درجة الصفر ، ويتجمد دون ذلك . وعند تجمده يزداد حجمه مما يؤدي لتشظي الصخور ولتورم الترب . وفي فترة الانفكاك تنفصل أجزاء الصخر عن بعضها بعد أن كانت الفرجات الواقعة بين الأجزاء المذكورة متلاحمة بالجليد . أما بالنسبة للترب فإن الانفكاك يشبعها بالماء لأن الجليد يتوزع فيها بانسجام أكبر من توزيعه في التشكلات الصخرية . أي تكون التربة في حالة الانفكاك مائعة نسبيا . وقد تجري فوق المنحدرات ، وعلى كل فإن حجمها ينكش لأن ماء الذوبان يحتل مكانا أقل من الجليد ، وبذلك تتخرب بنية التربة . وبعد الانفكاك تتجحف التربة شيئا فشيئا ويتضاءل حجمها أكثر بسبب هذا التجحف : وقد تتشقق .

هذا ويكون عمل الانجذاب والانفكاك المزدوج اذن ، وكما سرى ، يختلفا جدا على الصخور وعلى الترب : فهو يؤدي بالنسبة للصخور إلى تفتيت الجلاميد إلى حصى أو إلى حصاء مع بعض تقشرات الجزئيات الدقيقة . وتكون الأتقاض الناجمة عن تشظي الصخر كبيرة أو صغيرة حسب بنيته .

فعندما تكون كبيرة كما هو الحال بالنسبة لمسكوبات البازلت القديمة ، نقول بأننا تجاه صخر واضح التجمند macrogélive ، أما إذا كانت صغيرة ، كما هو الحال بالنسبة للحوار ، الذي يصل به الأمر إلى تشكيل طين حقيقي يضم حصاء ، فنقول بأن الصخر مجهري التجمند microgélive . أما فوق التربة فإن أثر الانجباد والتفكك هو أنه ينفخ التربة أكثر مما يكسرها .

ويختلف أثر الانجباد والتفكك على الترب حسب مقاييس حباتها وبنيتها . فأكثر الترب قدرة على الانتفاخ بالانجباد ، أي على التشوه ، هي تلك التي يكون لحباتها مقياس الليمون limon أو الغرين ( من ٢ ميكرون إلى ٢٠ ميكرون ) لأن الفراغات الواقعة بين الحبات تكون على قدر من الكبر بحيث تستوعب معه كمية كبيرة من الماء ، ولكنها على درجة من الصغر بحيث لا تكون هذه الفراغات فيها كبيرة . وعلى العكس فإن الترب الغضارية تكون أقل تأثراً بالانجباد كما تتأثر الترب الرملية أو الحصبة graveleux أقل من ذلك به . وهكذا ندرك فائدة كل هذه الاختلافات بالنسبة لتركيب كسبة الطرق المعبدة إذ يجب تحاشي الكسبة الليمونية « الغرينية » مها كلف الأمر .

ويتساءل البعض فيما إذا كان الانجباد أكثر نجاعة إذا كان قصيراً ولكن حاداً ، أو فيما إذا كان معتدلاً ، ولكن طويل الأمد ، ومتقطعاً كثيراً بفترات انفكاك . وبعبارة أخرى هل أكثر الآليات نشاطاً هي فترات الانجباد الشديد ، أو الانجباد الطويل المدى ، أو تكرار الانجباد والانفكك المزدوج ؟ والجواب على هذه التساؤلات لا يكون بسيطاً . وكل شيء يتعلق بالصخر المعين أو بالتربة المقصودة .

فصخر كبير التجمند كبازلت الهضاب يكون قابلاً للتهديم بشكل خاص بفعل انجباد طويل المدى لأن الفصمات تكون فيه واضحة ولكنها متباعدة .

فالانجناد يعمل فيها بواسطة فرز الجليد ، أي ان الماء يتكاثف على شكل جليد فوق الجليد المتشكل سابقا . وهكذا تتشكل في الفصمات « أزامليل » جليدية سميكة تمتد نحو الأسفل وتتصرف كالأزامليل المستخدمة في شق الخشب وهكذا يصل الأمر إلى تجزئة الصخر إلى جلاميد كبيرة .

وعلى العكس إذا كان الصخر مجهري التجمند كالحوار مثلا فيكون شديد الحساسية بكثرة تردد الانجناد والانفكاك المزدوج ، مهما كانت فتراته قصيرة ، إذ يكفي وجود قليل من الجليد في الصخر كي يحوله إلى طين .

أما بالنسبة لشدة الانجناد فإنها تستطيع أن تشق بفعل تقلص أقل الصخور تجمندا وأكثرها جفافا . ولكن في بيئة رطبة ، فإن انجنادا شديدا لا يكون فعالا بشكل كبير لأن الحرارة إذا ما هبطت إلى ما دون - ٢٣ درجة مئوية فإن ضغط الجليد يتراخى بفعل تقلص ناتج عن البرد .

وإذا كان حصول برد قارس جدا لا يفعل بصورة قوية في الترب عن طريق الانتفاخ ، فإنه ، على العكس ، يستطيع أن يصنع في هذه الترب شقوقا عمودية ناتجة عن التقلص السريع ، ومحيي ء فرة انجناد أكثر اعتدالا ورطبة تستطيع بالتالي أن تستغل هذه الشقوق عن طريق إيلاج أزامليل جليدية فيها . وبذلك تتشكل شبكة منتظمة من شقوق ، دعيت خطأ ، بشبكة مضلعات التوندرا .

والعوامل التي تلعب دورا تابعا وثانويا في المنظومات الحثية الحوجودية هي آليات ذوبان الثلوج ، والسيلان ، والرياح .

فذوبان الثلوج يبلل التربة ويسهل ظاهرة جريانها solifluxion ولكننا نعرف بأن آلية الانفكاك تكفي لتليين التربة ولجعلها تفقد بنيتها ،

وهكذا نرى أنه حدثت مبالغة مفرطة في أهمية دور ذوبان الثلوج في ترتيب التربة الحوجودية في الربيع .

هذا ولا يكون السيالان قليل الأهمية ، إذ ينشط بعد المطر الوابل أو في أعقاب ذوبان الثلوج ، وذلك بسهولة أكبر مادام باطن الأرض متجمدا ، وبالتالي يكون التسرب الباطني شبه معدوم .

أما الريح فلا تأثير له على الأراضي المغطاة بالثلج ولكن ما إن تتخلص هذه الأرض من ثلوجها حتى يثير الريح الجزيئات الرملية ويغربل الطبقات السطحية بحيث لا يترك فيها سوى الحصى ، ويوضع كثباناً حقيقية على مسافة ما . كما يستطيع الريح وهو مسلح بالرمل أن يتصدى أيضاً للجلاميد وللصخر كي يكتفها على شكل نخاريب . وهكذا نجد العديد من الجلاميد المتأثرة بلحت الريحي على ساندور sandurs أيسلندا .

### ثالثاً - التقاطيع المورفولوجية Le modelé

تبدو التقاطيع مختلفة جداً حسبها تكون هذه فوق مساحات منبسطة أو على منحدرات ، أو فوق صخرات أو على تشكيلات ناعمة ، أو في مساحات عارية أو في مناطق مستورة بالعشب . ولكن علينا أن نميز بشكل خاص بين المساحات المنبسطة وبين المنحدرات ، ولكن في داخل هذين المجالين ، يكون من الواضح أن الغطاء النباتي والليتولوجيا يلعبان دوراً عظيماً .

١ - تقاطيع المساحات المنبسطة : تعطي الانكشافات الصخرية ، فوق المساحات المنبسطة ، وبفعل التجزؤ إلى جلاميد ، تعطي صحارى التجمند ، الغنية بالحجارة ، المؤلفة من حصويات أو من جلاميد حسبها تكون بنية الصخر متوسطة التجمند أو كبيرة التجمند . ويتعرض كل

كسر للتوسع بفعل تجمند الشفتين : وبذلك يتشكل عقيق vallon التجمند ،  
العريض والذي يصل عمقه لبضعة أمتار .

أما قيعان الأودية فتحتوي بحيرات عديدة ، ولكن إذا كان المناخ غير  
شديد البرودة ، فإن القيعان المذكورة ستحتوي غثاات الطورب tourbières التي  
تبدو أحيانا على شكل عصيات غريبة الشكل ومتباعدة وذات منظر متعرج ،  
وتدعى الخثاات الحبلية cordées .

هذا وتكون الترب أو التشكلات الأناعة متكيفة على أشكال مختلفة ،  
وهذه أهمها :

- عندما لا يكون هناك نبات ، تظهر الترب المضلعة .

- عندما يكون هناك غطاء عشبي ، تظهر الاكبات المعشوشبة أو

الثوفور thufurs

آ ( الترب المضلعة - تؤلف الترب المضلعة أحد أكثر المشاهد النوزجية في  
الأقطار القطبية الشمالية ونجد منها أيضا في جبال النطاق المعتدل ونطاق ما  
بين المدارين . وتظهر هذه على شكل تعاقب من مضلعات ، خماسية الأضلاع  
متفاوتة في انتظامها . وتختلف أبعاد هذه المضلعات من بضعة سنتمترات إلى  
عدة أمتار ، وقد تصل إلى ٢٠ مترا بالنسبة للأشكال الضخمة . وتارة يكون  
مركز المضلع غرينيا والأضلاع مؤلفة من حجارة ، وهو نموذج الدوائر  
الحجرية ، وتارة أخرى ، على العكس ، تكون مادة الأضلاع من عناصر  
ناعمة ووسط المضلع عبارة عن جامود ضخم تلتصق به حصيات أقل حجما ،  
وهو نموذج الوردات الحجرية . هذا وهناك أيضا مضلعات من مواد  
متجانسة ، دون نخب أو إصطفاء ، وناعمة نوعا ما ، وهي المضلعات

الترابية . وعندما تكون المضلعات كبيرة الحجم جدا كما في سهول سيبيريا الشمالية وفي ألاسكا ، تدعى مضلعات التوندرا ، وهي عبارة يجدر بنا أن نتحاشاها ، إذ يمكن العثور عليها تماما في مناطق ذات تربة عارية في حين أن كلمة توندرا تعني تشكلا نباتيا .

ولا يزال الاتفاق بعيدا بصدد منشأ المضلعات . وقد أشير في تفسيرها بشكل خاص إلى تيارات الحملان . وبما أن كثافة الماء القصى تقع بجوار درجة ٤ مئوية ، فإن للماء قرب السطح عند الانفكاك<sup>(٣٩)</sup> أحيانا كثافة أكبر ، ولا سيما إذا كانت حرارته بجوار ٤ مئوية ، أي أكبر من كثافة ماء الذوبان عند تماس الطبقة العميقة المتجمدة والطبقة السطحية التي ذاب جليدها .

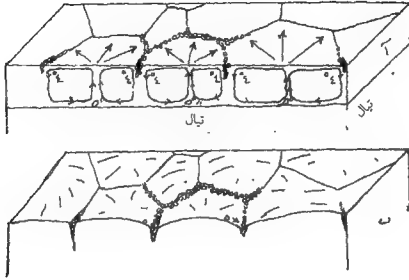
ويجنح هذا الماء السطحي الأكثر ثقلا إلى الغوص كي يحل محله ماء أقل ثقلا حرارته صفر ، وينتج عن ذلك حركات تتم في خلايا عديدة الأضلاع ( شكل ١٢٥ أ ) .

ولكن أظهر الحساب أن قوة حركات الحملان بين سائلين حرارتهما صفر و٤ درجات تكون زهيدة وتعجز تماما عن إنهاء الحجارة ، حتى ولو كانت صغيرة الأبعاد .

أما بالنسبة للمضلعات الجبارة ، فمن المعروف أن ظاهرة التقلص هي المسؤولة عن شبكة التشققات التي تعمل بعدئذ كأمكنة لفرز الجليد الذي يشكل فيها أسافين . أما الترب الهندسية الحجرية فيبدو أنها تعود لتقبيبات متجاورة تشكلت بفعل الانجذاب الذي أعقبه خفس عند الانفكاك ( شكل ١٢٥ ب ) . وتبدأ بتبرعم التربة ، ومن ثم تأخذ الحجارة بالانتقال ، خلال عمليات الانجذاب والانفكاك المتعاقبة ، فوق منحدرات التقبيبات الصغيرة .

---

( ٣٩ ) تعني بكلمة الانفكاك عكس الانجذاب ، أي ذوبان الجليد .



( شكل ١٢٥ ) - نظريتنا تشكل الترب المضلعة .

- أ - تيارات الحملان ، ويشار إليها بالأسهم ، وهي نظرية لم تقبل مقبولة .  
 ب - تقبب بفعل الانحدار ، هجرة الحجارة فوق منحدرات التقيبات . ويكون الحجم المتوسط للخلايا المضلعة هنا مترا واحدا . تبال . تبال .

هذا ومن العسير طبعا تفسير السبب الذي يؤدي بهذه الطرائق إلى تشكيل شبكات يمثل هذا الانتظام ، ولكننا هنا نتصدى لمشكلة عامة شأن تشكل البازلت أو الأرغن البازلتي ونجد أنفسنا مضطرين للتسليم بأن مؤثرات فيزيائية مستمرة تؤدي لتكوين أشكال غير مستمرة ، مثل المواشير أو المضلعات المنفصلة عن بعضها بشقوق .

ب - الأكتات المعشوشبة ، أو الثوفور . وهي أكتات تقارب أبعادها كومات تراب سرداب الخلد . ولا نعتز على هذه الأشكال بالتأكيد في أكثر المناطق بردا ، العديدة النبات ، بل يمتد مجالها ، على العكس ، لبعيد باتجاه الجنوب . ففي الكتلة المركزية الفرنسية تتشكل هذه الأكتات على ارتفاع يفوق ١٠٠٠ م ، في حين أن الترب المضلعة تكون بحالة جنينية على ارتفاع ١٧٥٠ م . وفي أيسلندا تميز هذه الأكتات المناطق المنخفضة باستثناء الهضبة الوسطى

العارية . هذا وقد تتجاوز هذه الأكمات بانتظام شديد ، فتشكل ميادين أكمات حقيقية .

ويبدو أن أسلوب تشكلها مائل لأسلوب تشكل الترب المضلعة ولكن في بيئة مختلفة . ويبدأ تكوينها بتبرعم ناجم عن الانجذاب الذي يأخذ برفع بعض الكدّرات<sup>(٤٠)</sup> التراية ، ولكن لا يحصل هنا انتقال كتلي للحجارة لأن النبات يسك بجزيئات التربة .

٢ - تكييف السفوح : تتعرض الانكشافات الصخرية على السفوح إلى التفتت بفعل التشظي وتقدم أكداس الحجارة في حين تنتج التشكلات الدقيقة أكداسا من الوحل الذي يهبط بفعل جريان التربة وتكون الحجارة مندرجة فيه أحيانا . وأخيرا تعتمد المهيئات الثلجية على تخطيط المنحدرات الشديدة على شكل مجار أو ممرات couloirs ينزل منها الثلج في الشتاء ، وماء الذوبان بعد انفكك الجليد .

وتكون نتيجة التجمند على الجروف الصخرية هو تشكل أعراف ألبية وجروف أو جدران صخرية تقطعها السقائف الصخرية abris sous-roche هذا وتكون الأعراف الألبية مكيفة على شكل أسنان المنشار أي تتألف من سروات وتيجان أعمدة ، أما الصخرات فتكون مقطعة بأعراف مجهرية وبأوجه صغيرة توفر لمتسلقي الجبال « المماسك » التي تسمح لهم بالصعود . هذا كما نثر على أودية صغيرة جدا ، أي على شكل عقيقات vallons ، ناجمة عن التجمند ، تسنّ الجدران الصخرية . أما السقائف الصخرية فتتشكل عند تماس طبقة شديدة التجمند مع طبقة قليلة التأثير

---

( ٤٠ ) الكدّرة التراية هي كتل التراب التي نثر عليها بعد حراثة الأرض والتي تبلغ حجم جوة النارجيل

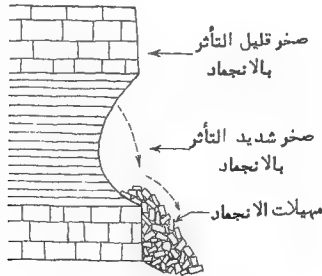
( جوز الهند ) .



بالتجمند ترقد فوقها ، فبينما تتعرض الطبقة الشديدة التجمند للتخفيف السريع تظل الطبقة القليلة التجمند مشرفة فوق التفرع ( شكل ١٢٦ ) .

وتكون المهيئات كثيرة بشكل يلفت النظر ، فهي تشكل أكواما من نماذج مختلفة وذلك فيما إذا كانت مرتفعة « على الناشف » حسب قوانين الثقالة أو فيما إذا كانت قد انتقلت ضمن مادة طرية . وتؤلف مهيئات الثقالة البسيطة حدورا في حالة ميل اتراني . أما فوق الصخور التي تتفتت إلى حصاء فتتشكل المهيئات المرتبة ordonnés . وبالفعل يدلنا مقطعها على تعاقب سافات دقيقة وسافات خشنة ذات سماكة تتراوح بين ١٠ إلى ٢٠ سنتمرا . ولا يزال منشؤها غير معلوم تماما ، ويكون ميل سطوح المهيئات المرتبة أقل من ميل حدود اتران الثقالة .

هذا وتحصل مسكوبات الجلاميد فوق الميول القليلة ، ما بين ٥ إلى ٦ درجات ، وتنساب بفعل حوادث الانجذاب والانفكاك فوق فراش من الوحل الذي يجري ، أو فوق وسائد الجليد المندمج في الفرجات الفاصلة بين الجلاميد .



( شكل ١٢٦ ) - تشكل سقيفة صخرية بفعل التجمند .

وترتصف العناصر الدقيقة فوق السفوح أحيانا على شكل ترب محدّدة striés ، أي حسب استطالة المضلعات في اتجاه الانحدار ، حتى إن المضلعات ، التي لم تنتظم بعد ، تظهر وكأنها حروز موازية لخط الميل الأعظم . ولا تختلف من حيث تكوينها عن الترب المضلعة ، غير أن الأشكال الهندسية تشوهت بسبب النزول .

وتخضع السفوح في النظام الحثي الحو جودي بالطبع إلى القواعد العامة في تطور الفواصل النهرية ولكنها تحوي أيضا على خصائص تنفرد بها . فتراجع الجروف الصخرية بتأثير الانجذاب يعطي منبسّطات تدعى أحيانا منبسّطات تسوية الأعالي<sup>(٤١)</sup> altiplanation ، وعلى العكس إذا كانت الصخور صغيرة التجمند microgélives ، كالحوار ، فإن انسياب العناصر الدقيقة يعطي حادورات glacis كبيرة ضعيفة الميل ، تتراوح بين درجة واحدة وخمس درجات ، ميل يكاد يكون ثابتا تقريبا . ولكن أعلى الفاصل النهرى وحده هو الذي يظل محدبا ، تلك هي تقاطيع مقاطعة شمبانيا الحوارية شرقي باريس ، تقاطيع موروثة من العصور الرباعية الباردة .

#### رابعا - الخلاصة

تحوي تطورات وأشكال النظام الحثي الحو جودي الميزة تنوعا كبيرا غير أن أهم العوامل والأشكال في هذا النظام تعود للتشظّي بفعل الانجذاب frost ، ولتورم الغرين limons والجريان التربة . وتعود أهمية هذه الأشكال إلى أن الأقطار المعتدلة كانت خاضعة لهذه العوامل قبل ١٠٠٠٠ سنة فقط ولا زالت تحوي حتى الآن بقايا موروثة منها .

---

( ٤١ ) تعني هذه العبارة تشكل منبسّطات replats على الأجزاء العالية من التضاريس بتأثير التجمند

gélifaction وجريان التربة .

## الفصل الرابع

### نظام الحت في الغابة المحيطية

مقدمة - تتميز البيئة المحيطية بغطاء غائي ، مؤلف معظمه من أشجار ذات أوراق نفضية وهطول الأمطار في كل الفصول ، وبندرة الانجهاذ ، أو بانعدامه ، وعلى كل حال تتميز بالحماية التي توفرها التربة والغطاء النباتي ، وبقلة نفوذ الانجهاذ لباطن الأرض وبالتالي بضعف تأثيره .

#### المناطق القليلة الأمطار والمناطق الشديدة الأمطار

قد يتراءى لنا بأن من من الممكن الاستنتاج بأن عمل المياه الجارية هو المتفوق في هذا المجال . والواقع علينا أن نميز هنا نموذجين من المناطق :

١ - المناطق التي يكون المجموع المطري فيها ضعيفاً نوعاً ما ( نموذج الحوض الباريسي ، من ٥٥٠ إلى ٧٥٠ مم ) والتي لا تتعرض للأمطار عنيفة إلا بصورة استثنائية .

وهنا ، أي في البيئة الغابية ، لا تجري الأنهار الصغرى بصورة مستمرة إلا فيما ندر ، فلا تحتوي على الماء إلا بعد زخات شديدة أو بعد الانفكاك الجمدي ، أي عندما تظل التربة متجمدة تحول دون تسرب الماء للأسفل . ولا تمارس هذه الأنهار عملها الحثي إلا في القليل من الأيام ، ولا يشعر بها بصورة عنيفة إلا في أعقاب الفيضانات الكبيرة التي تحصل عادة مرة في خلال بضع عشرات السنين . وفي مثل هذه الحالة تستطيع هذه النهرات أن تتخذ الأرض ، وحتى أن تقتلع بعض الأشجار . وعلى العكس فإن للأنهار الكبيرة

فيضانات ناجعة في كل عام ، فتحفر وتنقل وتوضّع باستمرار نسي ، بيد أن من النادر أن يكون تأثيرها على الضفاف كارثياً .

أما على السفوح فالسيلان يكون محدوداً لأن الماء ينساب متسللاً بين لباد من الأوراق الميتة الذي يتصرف وكأنه اسفنجة .

وفي هذه الشروط يكون الزحف هو العامل الرئيسي في التكييف السطحي Aréolaire ( عكس الخطّي ) ، ولكنه يكون بطيئاً ما دامت تبدلات حجم التربة الناجمة عن الانجراد قليلة الأهمية ولأن الجذور تمسك بالتشكلات الرخوة الهشة . هذا ويكون التفسخ الكيماوي بطيئاً جداً بسبب اعتدال الحرارة وفي ذلك يكمن الاختلاف الأساسي مع البيئة الغائية الاستوائية ( انظر الفصل ٦ القادم ) .

وإجمالاً يكون نظام الحت هذا من النموذج « الباريسي » وهو أحد أقل أنظمة الحت عدوانية . فهو يعمل ضمن شروط استثنائية مثل حالة الفيضانات الكبرى أو المسكوبات الوحلية ، ويتصف ببطء التحام الجروح الحتية الحادثة .

ولكن يحل مكان النظام الحتي المتكاسل في الغابات المحيطية القليلة الأمطار ، وذلك حيثما قضى على الغابة بفعل كسر الأرض للزراعة ، يحل نظام حتي بشري ، أكثر عنفاً وضراوة بكثير .

٢ - المناطق ذات المجموع المطري المرتفع ( نموذج السواحل اليابانية ، من ١١٠٠ مم إلى ٢٥٠٠ مم ) والتي تتعرض سنوياً لأمطار عنيفة ( وخاصة للتيفونات ) .

وهنا تكون الأرض غالباً مشبعة ، بحيث يكثر الجريان المائي فوق

السفوح كما أن انزلاقات الصخور تحدث في أعقاب الأمطار الشديدة ، وذلك رغم كثافة الغطاء النباتي . وبما يشجع على انزلاقات الأرض التفسخ الكيماوي ، العميق جداً بسبب الرطوبة وشدة الحرارة الصيفية التي يبلغ معدلها ٢٦ درجة في طوكيو . وينتج عن هذه الانزلاقات التي تصاحب السيلان طبغرافية تكثر فيها المسيلات الصغيرة vallons ذات الخواصر المنتصبة والقاع المنبسط التي يبلغ عرضها وسطياً ١٥ متراً ، أي لا نجد هناك سفوحاً ملساء بل سفوحاً محززة .

أما الأنهار الكبرى فلها نظام تشنجي Spasmodique ، فتنتقل بسرعة من الشح إلى الزود . وبما أن لمياه الفيضان حولة صلبة مرتفعة فإن أكثرية الأنهار ترفع من سوية سريرها ، وتهين على سهولها اللحقية التي شكلتها وتخلق خطراً مستديماً على سكانها .

وتكون انزلاقات الصخور فوق السفوح ، والفيضانات الهدامة في السهول ، الظاهرتين العنيفتين اللتين لا يحول دونها وجود الغطاء النباتي ، مما يتباين مع دعة العوامل الحثية في المناطق من الطراز المناخي « الباريسي » .



## الفصل الخامس

### نظام الحت في الأقطار القاحلة وشبه القاحلة

مقدمة : إن كلمة قاحل لا تعني مطلقاً الجاف فمناخ قاحل هو مناخ يتضافر فيه عمل الجفاف مع عمل الحر . فالحر يجفف عن طريق التبخر بحيث نلاحظ بالنسبة لنفس كمية المطر الهائل خلال العام ، أن قطراً في عروض منخفضة يكون قاحلاً ، في حين أن منطقة في درجة عرض عالية ، كالجزر القطبية الكندية لا تعتبر قاحلة ، علماً بأنها تنال نفس المقننار من الماء .



من الممكن القول بأن المناطق القاحلة حقاً ، أي الصحاري ، هي المناطق التي تتلقى أقل من ١٥٠ مم أو من ٢٠٠ مم من الماء في العام على عرض شمال الصحراء الكبرى وأقل من ٢٥٠ مم على عرض جنوب الصحراء الكبرى . ولكن هناك مناطق شبه قاحلة ، مثال ذلك سهوب الحافة الشمالية للصحراء الكبرى أو حتى القسم الأعظم من المناطق الرومية ، أي الخاضعة لمناخ البحر الأبيض المتوسط والتي تنال أمطاراً تقل عن ٥٠٠ مم في العام .

#### أولاً - المدخل

تتصف كل هذه المناطق بانعدام شبه كامل للغطاء النباتي ، كما في النطاق القاحل ، أو بوجود غطاء مبعثر ، كما في سهوب الحافة الصحراوية ، وغابات السنديان المتخلخلة ، كما تكون التربة غير محمية تماماً بالنبات .

هذا ويكون القسم الأعظم من النطاق القاحل عديم الصرف ، أي

لا يكون فيه جريان دائم ، أما سهوب الحافة الصحراوية فتكون عديمة الصرف أو ذات صرف داخلي ، في حين يكون النطاق الرومي ذا صرف داخلي أو خارجي . ومهما يكن الأمر فإن لأنهار هذا النطاق نظاماً تشجياً باستثناء المناطق الكلسية النادرة حيث تكون احتياطات الطبقات المائية عظيمة . ذاك هو وضع الأودية في الصحراء ، وسرر الأنهار التي تظل جافة في أغلب أيام السنة ، كما في الفيوممارا fūmaras الإيطالية . ولهذا توصف مجاري أنهار البحر المتوسط بأنها « منشر الغسيل المفضل لدى ربّات البيوت » .

ولكل هذه النطاقات درجات حرارة متباينة ولا سيما في الصحاري الحارة ، إذ تصل حرارة الرمال تحت الشمس إلى ٧٠ درجة مئوية . بيد أن فروق الحرارة في الظل لا تتجاوز ٢٥ درجة في اليوم إلا فيما ندر .

ثانياً - التربة : الطلاءات ، القشرات ، النطاقات الملحبة .

تكون التربة المتوائمة مع هذه الأنظمة المناخية ، على العموم رقيقة هيكليّة ، أو منعدمة . ففي الصحاري لا نعثر أبداً على هذا المجموع من الحبات التي أصبحت متآخضة بفعل الرطوبة ، كما تظهر الأراضي في الأقطار الرطبة المعتدلة ، وعلى الأكثر نجد تربة متشكّلة في عصر أكثر رطوبة من الحالي والتي يقتلع الريح منها العناصر الناعمة أو تكون مستحاثّة ضمن جيوب في تجاويف الصخر كالتربة الحمراء في خنادق الطرق المحصورة في جروف جبل طويق . وفضلاً عن ذلك تستطيع التأثيرات الكيماوية ، وخاصة فوق الصخور العارية ، تستطيع تكوين الدهان vernis وهو طلاء سطحي أسود لامع غني بالمنغنيز ، يبلغ سمكه بضعة ميليمترات ومن أصل غير متفق عليه ، والذي نعثر عليه في البادية السورية وشرقي القلمون فوق سطح مختلف الصخور .

أما في الأقطار شبه القاحلة ، حيث تتراوح مقادير الأمطار بين ١٥٠ إلى

٥٠٠ مم في العام ، فتشكل على السطح ، أو على عمق قليل ، قشرات كلسية ، ويعود وجود هذه القشرات إلى أن الأمطار تكون على درجة من القلة بحيث تعجز عن تذويب بعض المواد كالاملاح والكسيوم ، وهكذا تتثبت الأملاح وفحات الكسيوم ، فور توقف المطر ، وبفعل الخاصة الشعرية ، تتثبت على سطح الأرض أو في داخل التربة السطحية . وتتصرف هذه القشرة كطبقات قاسية ، تؤلف شرفات كتلك التي تشكل سقف مغاور بيت لحم والتي تحولت إلى مزاود على أيدي الرعاة ، وتلك القشرات التي تنتشر على نطاق واسع جنوبي حمية قبيل حمص وفي سهل الصحراء غربي دمشق ، وتستعمل بعد تكسيرها كحجارة بناء في القامون ، حيث تدعى حجر الخرش مثلما نجدتها فوق صخور الحوار الكريتاسية والأيوسينية في هضبة حلب وحماء وتسمى « تفزة » في تونس .

أما في قيعان المنخفضات في الأقطار المفرطة الجفاف وحيث لا تذوب أملاح الكلس ، فإن الأملاح ، أي كلورور الصوديوم والبوتاس ، هي التي تنساق بفعل مياه التسرب الحالية وتصل إلى السطح ، مؤلفة تزهيرات أو أغشية ملحية كما في سبخات بلاد الشام : مثل سبخة الجبول في جنوب شرق حلب والبوارة شرقي نهر الخابور الأدنى وسبخة الأزرق في شمال شرق الأردن ، هذا مثلما تحولت آلاف الهكتارات من الأراضي الخصبة الممتازة في بلاد ما بين النهرين والخابور إلى أراضي عقمية في أيامنا بفعل الجهل بأساليب الري الحديثة .

### ثالثاً - عوامل الحت .

في هذه الأقطار التي لا تتمتع بحماية النبات وحيث لا يستطيع جريان



التربة أن يلعب مطلقاً أي دور يذكر ، فإن عوامل الحت الرئيسية تكون ذات أصالة .

١ - طرائق السيلان : إذا كان السيلان معدوماً في الصحراء المطلقة كالصحراء الليبية ، فهو على العكس نشيط رغم ندرة الأيام التي يجري فيها الماء في المناطق شبه القاحلة . وتزداد عدوانية السيلان ما دام الغطاء النباتي غير متصل ولأن التربة غير متآخذه كما في المناطق المعتدلة الرطبة .

ففي هذه المناطق شبه القاحلة تكون السفوح العارية أو المعرّة بفعل الاحتطاب والرعي الجائر شديدة التعرض لهجوم الأمطار الفجائية . ففي الغضاريات العارية من الأحراج تتشكل تخديدات على شكل أراضي رديئة bad-lands . أما فوق المنحدرات الصخرية فإن التربة قد تنجرف تماماً بفعل التخديد ، فيظهر الصخر عليها عارياً دوماً فتتكشف الأشكال البنيوية بكل تفاصيلها وتظهر البنية على الجبل المسلوخ من تربته ومن غطاءه النباتي واضحة كسلاسل الجبال التدمرية مثلاً .

وتجاه تلك الهجمات الحتية الكثيفة تكون المجاري المائية عبارة عن أسرة فضفاضة ، مركومة بمحسويات ضخمة كما لا تجتاحها المياه إلا في فترة الفيضانات مثل أودية بلاد نجد كوادي حنيفة وروافده بجوار الرياض .

هذا ولا ينعدم المطر في المناطق القاحلة حقاً . فالزخات تؤدي لسيلان منبث لا يكون دوماً على قوة كافية لتشكيل أرض رديئة ، بل يتمكن من انتزاع الكثير من الأنقاض الدقيقة من سطح التربة . كما تستطيع الأودية أن تدخل في مرحلة الفيضان ولكن نادراً ، كوادي موسى قرب البتراء في الأردن ، أو وادي الثنايا في القلمون كما حدث عام ١٩٣٧ . وعلى العموم يكون الوادي عند فيضانه شديد الحولة بحيث يعجز عن الحفر ولا يكون متعمقاً إلا

في الجبال الصحراوية . ولكن الوادي يحبو متراخياً في المناطق الضعيفة التضاريس ضمن سرير ضحل ، كوادي الرمة في نجد .

وقد تعرضت الصحاري في الماضي لمناخات أكثر رطوبة من مناخ الزمن الحالي . فمناطق تبدو اليوم قاحلة ، كبادية الشام ، عرفت حينذاك جرياناً أكثر حدة ، كجريان المناطق شبه القاحلة . وقد تتجلى هذه التعاقبات المناخية على شكل تعاقبات في المصاطب ، كما يظهر ذلك على وادي الساوره في شمال غرب الصحراء الكبرى ، في القطر الجزائري .



صورة رقم ١٤ - التفتش البصري أو التفتّح exfoliation . منظر لنار حراء الذي يطل على مكة المكرمة من جنوباً الشرقي حيث يقع في أعلى جبل ثور الذي يبعد عنها مسافة ٦ كيلو مترات ويرتفع إلى ٨٠٠ م . في أقصى يسار الصورة يظهر جبل النور والسلاسل الجبلية المحيطة بمكة .

## ٢ - ضعف التفكك الكيماوي - احتداد التفكك الميكانيكي :

يكون التفكك الميكانيكي على غاية من القوة في الصحاري لانعدام الغطاء النباتي والغطاء الترابي ، اللذين يلطّفان مفعول تبدلات الحرارة ، لا سيما وأن التبدلات المذكورة تكون عظيمة لشفوف الهواء . فحركات التمدد والتقلص تؤدي لحدوث توترات قد تقود إلى تشظي الصخر ، ولا سيما في الصخور السوداء أو في الصخور المتصفة بتورقها schistosité ( صورة رقم ١٤ ) . بيد أن هذا العمل يكون بطيئاً وبالتالي محدوداً . كما يمكن أن يكون تأثير الأملاح شديداً فيما إذا كانت بلورات الملح مترصّة في مسامات الصخر ، ولكن التأثير المذكور لا يظهر إلا في بعض الأماكن . وعلى العموم يمكن اعتبار المنحدرات الصخرية الشديدة ، التي تظل جافة ، وكأنها ممتعة ببناءة شبه كاملة تجاه هذه المؤثرات ولذا يعتبر مناخ الصحراء أحد أفضل أماكن الحفاظ على سلامة التضاريس .

وإذا كان مناخ الصحراء المطلقة قليل العدوانية الحثيّة ، فإن الأمر يكون كذلك في المناخ شبه القاحل ، ونحن نعرف أن السيّلان يسود فيه كما أن الأشكال تكون فيه سريعة العطب جداً عندما لا تكون السفوح محمية بالقشرات الكلسية croûtes التي سبق لنا الكلام عنها .

٣ - دور الريح : يظل الريح العامل الحثي الأساسي في الصحاري المطلقة ما دام الزحف وجريان التربة مجهولين فيها ، وما دام حت المياه الجارية غير نشيط حقاً إلا على الهوامش شبه القاحلة .

ولكن الحقيقة هي أن الصحراء لا تكون مجال الريح الوحيد . فهو يعمل عمله في كل منطقة مكشوفة يهب فوقها بعنف ، كالبلجات ، والسرر النهرية ، وهوامش الجوديات ، ولكن الريح ، على كل حال ، يمارس عمله بحرية أكبر في الصحاري .

ويحتّ الرّيح عن طريق التّذرية déflation وعن طريق التّخريش

corrasion

آ ) الحت الرّيحى : التّذرية هي تكتيس الأنقاض الهشة والناعمة بواسطة الرّيح ، كالترّب التي تشكّلت خلال الفترات الرطبة قبل الصحراوية ، أو الأنقاض الناتجة عن التّفسخ الحالي للصخر .

وينتج عن التّذرية غريلة الأنقاض الصخرية ، فلا يبقى في محله سوى أكثر الأنقاض خشونة . ويؤدي هذا التنسيف إلى رصف حصوي حقيقي يجمي العناصر الناعمة التي يغطيها . هذا المشهد هو الرّق roc وإذا كان الصخر قليل التآخذ فقد يتعرّض حتى للحفر .

أما التّخريش فهو الهجوم الذي يتعرّض له الصخر من قبل الرّيح المسلح بالمواد التي ينقلها ولا سيما بحبات الكوارتز أي المرو ، حتى ولو كان الصخر المذكور قاسياً . ولهذا يكون عمله بمثابة لتأثير قذفات الرمل المستخدمة في الصناعة كوسيلة صاقلة . ويكون هذا التأثير محسوساً خاصة بجوار سطح الأرض ، لأن حمولة الرّيح تتناقص فوق ارتفاع معين ، أي بين ١ م و ٢ م . غير أن العلماء لم يقتنعوا بأن هذا التأثير الكاسح rasante هو المسؤول كلياً عن أشكال الفطور ( عش الغراب ) الملحوظة في الصحاري . غير أن تضافر دور تشظي الصخور ، الذي يكون أشد قوة قرب السطح ، وحيث تكون تبدلات الحرارة أكثر حدة ، مع دور أسلوب تشكّل تجاويف التافوني التي تكثّر في منطقة الطائف ، ( فصل ٤ فقرة ٤ ) يؤدي بالتحالف مع الرّيح لتكييف الشرفات أو السقائف surplombs .

أما التّخريش فيقوم بالأدوار التالية :

١ - ينخر ويقضم الغضاريات فيقطعها إلى أثلام وأعراف غير مستقرة تدعى ياردانغ في التركستان . وتعمل جذور الشجيرات على تثبيت الغضار ، حتى أن أعراف الياردانغ ترتبط أحياناً بمواقع الدغيلات ( شكل ١٢٧ ) .

٢ - يكشف مستويات التطبيق الصخرية بفعل الحت التفاضلي الذي يمارسه على السفوح الشديدة كما في خائق بردى قبل الربوة ، كما يكشف تمثال أبو الهول عن ارتصاف الطبقات التي نحت فيها ، ولذا تكثر الأشكال الفطرية ، وذلك نسبة للفطريات champignons أو mushrooms ، في صحراء مصر الغربية ( صورة رقم ١٥ ) .



( شكل ١٢٧ ) - الياردانغ



صورة رقم ١٥ - نموذج عن الأشكال الفطرية الناجمة عن الحت الريحي في صحراء مصر الغربية

٣ - يكيّف الحصى على شكل وجيّهات مقعرة قليلاً ، تكون إحداها متعامدة مع الريح السائد في حين تكون الأخرى مائلة عليه . ونحن وإن كنا لا نرى من الضروري بأن تتأرجح الحصى فوق تربة منقولة بفعل التذرية فإن من الممكن أن تنتج عن عمل الريح أشكال هرمية ذات ثلاثة أعراف ، يسميها المؤلفون الألمان دريكانتر Dreikanter .

وقد تناقش الجيومورفولوجيون لمعرفة ما إذا كان الريح يستطيع أن يصنع مع تقادم الزمن أشباه سهول الحت الريحي . ويغلب على الظن أن الجواب سلبى ، ولكن الريح يكون على الأقل قادراً على حفر ثلمات غير متصلة ، عميقة كالأودية ، ومن ناحية أخرى على تفجير وتفريغ حوضات مليئة بتوضعات رخوة بفعل التذرية ، وإلى هذه الظاهرة ينسب العلماء منخفض القطارة في صحراء مصر الغربية ( - ١٢٤ م ) وشط الغرسة في تونس ( - ٢١ م ) بفعل الرياح الدوامية في هذه المنخفضات المغلقة .

ب ( التكديس الريحي ، والكشبان : يوضّع الريح جزءاً من الأنقاض التي سبق له أن كنسها أو اقتلعها ، ولكن من المعلوم اليوم أن التراكات الرملية الريحية الكبرى ، كالربع الخالي ، إنما توجد فوق موقع الأغشية اللحقية المتوضعة خلال العصور المطيرة من الدور الرابع أو تشكلات أكثر قدماً . ولم يوضّع الريح كل الرمال في الصحراء الكبرى ، بل اقتصر فقط على نقلها لمسافة قصيرة وأعاد تكييف شكل اللحقيات الدقيقة . ولقد ظلت هذه التراكات الرملية الكبرى معتبرة وكأنها تشكل القسم الأعظم من الصحاري لأن القوافل كانت تفضل سلوك الممرات الواقعة بين الكشبان ، ولكن هذه الرمال لا تشكل سوى ٢٠ ٪ من مساحة الصحاري الكلية . وفيما عدا ذلك فإن تراكات الرمال

تنحصر في الزوايا الميتة وفي تجاويف كالثلثات الواقعة بين اليباردانغ ، أو تحول إلى السنة رقيقة ، أو على شكل كثنان بدائية .

ومن الواضح أنه لكي يتكدس الرمل يجب أن يكون محمولاً بالبداية ، ولكن الريح لا يستطيع أن يحمل سوى الرمال الناعمة ، ويترك فوق الأرض الحبات الخشنة ، وتسقط الحبات الناعمة التي يحملها عندما تضعف حدة الريح وخاصة في المناطق الحمية حيث تتناقص سرعته . وعلى العموم يجر الريح بجوار الأرض الرمال التي يحملها ، ويرفعها لمسافة لا تتجاوز من حيث العلو بضعة سنتيمترات ، وإذا ما سقطت الحبة من جديد ، فهي تقفز وتستقر في مسيرتها . وعند ملاسة الحبات المنقولة للأرض فهي تقوم بقذف الحبات الأكثر خشونة والتي عجز الريح عن تحريكها . ومن المؤلف أن يرى الإنسان في الصحراء الكبرى انتقال الحبات الدقيقة ، بسرعة كبيرة جداً ، أي الحبات من حجم ربع المليمتر تقريباً ، بينما يرى الحبات من مقياس ٢ مم كيف تتقدم ببطء على شكل قفزات ، تحت قذف الحبات الناعمة .

وعلى كل حال فإن النقل بواسطة الريح يكون اصطفاًياً . وتكون عناصر التوضع الريحي متجانسة الأبعاد نسبياً .

ويشكل الريح عند تخلّيه عن الحبات التي ينقلها أكداًساً رملية متنوعة جداً . ولن نعترض هنا إلا لنموذجين : الكثنان البدائية وأهمها البرخانان ، والمساحات الواسعة من الكثنان الطولانية المتوازية التي تشكل العروق في الصحراء الكبرى . وتطلق كلمة برخان في آسيا الوسطى على الكثنان الهلالية الشكل ، كما نجد منها في الصحراء الكبرى . ويتطاوّل ذراعاً الهلال في الاتجاه الذي يهب الريح نحوه لأنها يتقدمان بسرعة تفوق تقدم مركز الهلال . أما



( شكل ١٢٨ ) - برخان ( أ ) والسيف ( ب ) . لاحظ مقطع القطاعات الثلاثة .

كثبان الأقطار المعتدلة ، فعلى العكس ، فتثبت بسرعة بفعل النباتات ، فلا تتقدم نهايتها أكثر من المركز ، غير أن القسم الأعظم ، وهو الأكثر ارتفاعاً ، يكون أكثر تعرضاً للحت فيأكله الريح وذلك بأن يحفر فيه بحركة دوامية تجويفاً يدعى في غاسكونيا الفرنسية كاودير caoudeyre أي مرجل . وفي هذه الحالة يأخذ ذراعاً الكثيب الاتجاه الذي يأتي منه الريح .

والبرخان عبارة عن كثيب ناشئ متشكل تحت نظام رياح سائدة . وله مقطع يحتوي على ثلاثة قطاعات ( شكل ١٢٨ ) : قطاع متجه نحو الريح ، أي من حيث يتم التراكم ويكون ذا ميل ضعيف ، وينتهي هذا القطاع فجأة كطرف الشفرة ، ومن هذا جاءت تسميته السيف في الصحراء الكبرى ، أي العرف . ( شكل ١٢٨ ب ) . أما القطاع الثاني فيكون ذا ميل شديد جداً ويتألف من حدود talus تساقط الرمال ، الواقع في ظل الريح ، ولكن القطاع الثالث يتصف بميل متوسط وينتج عن الرصف الذي تقوم به دوامة العودة ، أو المدحلة ، ضد حدود التساقط ، أي رصف الرمل الذي يسقط مباشرة من أعلى السيف .

هذا ولا تستعمل عبارة السيف فقط للكناية عن عرف كثيب ما بل تطلق للدلالة عن كثيب يتخذ شكل حرف S متطاوّل . ويدل شكل هذا الحرف على نوع من تبدل في اتجاه الريح .





( شكل ١٢٩ ) - كتيب على شكل عرف الديك مع غرد ( غ ) .

هذا وتتألف التراكات الكبرى في العروق من كتبان متوازية خضعت لتطور أكثر طولاً بكثير من البرخانات . وتمدد كتبان العروق حسب اتجاه الرياح ، رياح الأليزه ( التجارية ) بالمعنى الواسع ، وتنفصل عن بعضها بممرات . وتصل هذه الممرات على العموم حتى الأساس الذي يكون عبارة عن سهل من رمال قديمة تحولت إلى قشرة صلبة ، وتسمى الجاسي gassi إذن تقوم التذرية بتعرية القشرة في قعر الجاسي ، ومن هذا نرى أن العروق الكبرى ناتجة ، بأن واحد ، عن التراكم وعن الحت الريحيين .

وتستدعي الملاحظات إلى أن نحسب حساب دور الرياح المائلة بالنسبة لرياح الأليزه لتفسير بعض التفاصيل . فسلال الكتبان قد تتزود بالواقع بذيول عديدة مائلة تمنحها على الشكل المستوي رسماً يماثل عرف الديك أو رافعة عجلة السيارة ( كريكو ) . وقد تتمكن هذه الأذرع الجانبية من قطع الطريق على الممرات أي الجاسي . وعندما يتلاحم الذراع الجانبي مع الكتيب الطولاني يعمل على رفع مستوى قته كي يشكل نوعاً من هرم م أو غرد ويكون للكتيب الرئيسي مقطع على شكل أسنان المنشار ، أي عرف الديك حسب المقطع وحسب المستوى ( شكل ١٣١ ) .

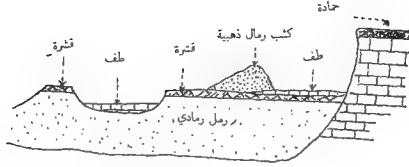
هذا وتنتقل الكتبان الصغيرة حسب سرعة قد تبلغ عشرة أمتار في السنة ، غير أن سلاسل العروق الكبرى تكون مستقرة ، ذلك لأن القوافل التي تسلك

الجباسي كانت دوماً تسلك نفس الممرات بين الكثبان ، وفي ذلك برهان على ثبات المجموع .

وبطبيعة الحال هناك تمازجات من أشكال بين ميادين البرخانان وبين العروق ، فثلاً توجد ميادين برخانات تحتل ممرات الجباسي بين كثبان العروق الطولانية .

وهناك تعقيد آخر يعود إلى أن مناخ الصحاري قد تبدل . وإذا ما كانت هناك قشرة تتكشف ، كما سبق ورأينا ، في ممرات الجباسي الفاصلة بين العروق ، فذلك يعود إلى أن الصحراء قد عرفت مناخاً شبه قاحل ، قبل توضع الرمال ، مناخاً يساعد على تشكل ترب ذات قشرات . وهناك قشرات مماثلة تشكلت في عصور مختلفة في الصحراء الكبرى ، ولا سيما وأن هناك ما يسمى الحمادة أو الدرع الحمادي أو الذبل الحمادي *carapace hamadienne* أي قشرة قديمة تصلب قبة زمرة رسوبية ثلاثية تعود لتشكل قاري ، وينتهي هذا التشكل بقشرة تتصرف وكأنها صخر قاس ، كما تعطي عند حافتها كشاكش أو تشرشات *festonnement* مع تلاع شاهدة . وهكذا نجد أن أجزاء كبيرة من الصحراء الكبرى تتألف من هضاب مصفحة بقشرة قامت عند أقدامها عروق كبرى خلال تعاقب معقد من عدة مراحل ( شكل ١٣٠ ) ونلاحظ نفس الشيء في نجد تحت الكثبان الواقعة بجوار بريدة وعنيزة أي في المنخفضات المسماة حُبوب ( جمع حُب ) حيث يتم حفر آبار في هذه القشرات التي يبلغ سمكها المترين ثم تظهر تحتها رمال متاسكة غنية بالمياه الباطنية .

أما الحافة الجنوبية للصحاري فقد تعرضت من جهة أخرى ، وذلك في عصر قريب منا ، على مناخ أكثر جفافاً من المناخ الحالي . والواقع فإن النبات يحتل اليوم كثباناً ميتة ( أقواز جمع قوز ) ، وهي بقايا فترة كان المناخ فيها



#### « نموذج تطور مقعد »

( شكل ١٣٠ ) - تضريس ناجم عن تطور مقعد في الصحراء الكبرى ( حالة المرق الكبير الغربي ) ونجد هنا

التعاقب التالي :

- ١ - توضع زمرة رسوبية ثلاثية ( دكش mollons ) .
  - ٢ - تصفح هذه الزمرة بدرع هو الدرع الحادي في نهاية الدور الثالث . ( تحت كلمة حمادة )
  - ٣ - حت وبرز تضريس الدرع .
  - ٤ - تراكم رمال رمادية عند أقدام الدرع . تقاط متباعدة .
  - ٥ - تصفح الرمال المذكورة بقشرة .
  - ٦ - حت محلي .
  - ٧ - ظهور بحيرات ضحلة سمحت بتوض الطف الكلي في التجاويف الحنية وفوق الأجزاء المنبسطة المصفحة بقشرة .
  - ٨ - تشكل كثبان الرمال الذهبية .
- وتتنسب المراحل من ٣ إلى ٨ إلى الدور الرابع . وقد بلغ مقياس الارتفاع كثيراً .

أكثر جفافاً من الحالي وحيث لم يكن هناك حينئذ أي نبات يغطي الأرض ، كما في إقليمي دارفور وكردوفان في غربي السودان وقد أدى الرعي الجائر فوق تلك الأقواز الرملية إلى اقتلاع النباتات من جذورها ومن ثم تحرر الرمال التي راحت تشكل برخانات ، أو طعوس حية متحركة تؤلف خطراً على المزارعات مما يؤدي لاستفحال ظاهرة التصحر désertification في نطاق الساحل الإفريقي الذي أصبح يدعى نطاق الجوع الأفريقي . وهكذا نجد أن كل منظومة بيو مناخية تحتل مكانها في تسلسل متصف بتبدلات مناخية .

**ملاحظة :** نجد في الصحاري سهولاً كبيرة تسمى بيدسهول *pédiplaines* ومستويات مائلة تدعى حادورات *glacis* . ومرتفعات منعزلة ، هي الأينسلبرغ *inselbergs* أو الجزر الجبلية ، تشرف على بعضها البعض . ولكن لما كانت هذه الأشكال لا تنحصر في الصحاري لوحدها ، فندرسها في فصل مستقل يعتبر امتداداً لدراسة الصحاري ودراسة الأقطار المدارية ( الفصل ٧ ) .



## الفصل السادس

### منظومات الحت في مناطق ما بين المدارين

تمهيد : تكون البيئة الناحية متنوعة جداً في نطاق ما بين المدارين ، ولذا تتنوع للشاهد الجغرافية .  
ويعبوي هذا المناخ بالفعل على كل المراحل الانتقالية بين نطاق الأمطار شبه اليومية الاستوائية وهامش الصحراء ، وفي هذا المجال يشتد تفاوت طول الفصل الجاف .

أولاً - المدخل : مشهد الغابة الكثيفة ومشهد السافانة .

يمكن أن تطلق صفة استوائي على المناخ الحالي من فصل جاف واضح ، وصفة مداري على المناخ الذي يتناوب فيه فصل جاف وفصل رطب . ولكن التمييز الذي يستند على كثافة الغطاء النباتي يكون هنا أكثر أهمية من التمييز بين المناطق استناداً إلى طول هذين الفصلين .

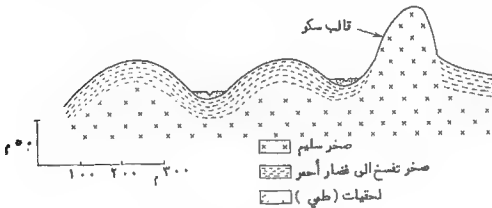
هذا وتنطبق الغابة الكثيفة تقريباً على النطاق الحالي من الفصل الجاف أو ذي الفصل الجاف القصير . وعلى نقيض الغابة نجد السافانة في المناطق الأكثر جفافاً ، وهي عبارة عن مساحات تسود فيها الأعشاب المرتفعة والتي تظهر فيها من حين لآخر باقات الأشجار . أما في المناطق الأكثر جفافاً فنجد غابات مفتوحة شوكية ، في إفريقيا ، أو من الصباريات ، كما في كاتينغا Caatinga في شمال شرق البرازيل . هذا التشكل المفتوح ينتقل تدريجياً ، وبعد تباعد الأشجار ، إلى الصحراء . وعندما تتكلم عن بيئة غابية بعد قليل فالمقصود ليس الغابة المفتوحة بل الغابة الاستوائية الكثيفة أو شبه الاستوائية .

وتختلف الترب والتضاريس على قدر اختلاف الغطاء النباتي .

١ - في الغابة الكثيفة ، تكون الترب عبارة عن غضاريات حمراء مميكة جداً عجينية ، تستر عراقيب محدبة رتيبة جداً ، ولا تبرز منها سوى قباب صخرية ملساء تطل على كل ما يجاورها تسمى قوالب السكر كالتي نجدها في مدخل ميناء ريو دي جانيرو لأن لها شكل قوالب السكر المرصوفة ، وذات مقطع على شكل قطع مكافئ parabolique ، تلك القوالب التي كانت معروفة في دكاكين البقالة قبل أربعين سنة مضت ( شكل ١٣١ ) .

٢ - في السافانة تكثر السدروع المتصلبة التي يقطعها الحت إلى هضاب ، أي لا يكثر الغضار ، ونجد هنا سطوحاً مسوأة كبيرة تمتد على مدى البصر وتشرف عليها تضاريس غير مألوفة ، هي تضاريس الانسليبرغ .

ولهذا يجب التمييز بين عبارة انسليبرغ وبين قوالب السكر . وتنطلق عبارة إنسليبرغ على تضريس ينبثق بوضوح فوق مساحة منبسطة ، على

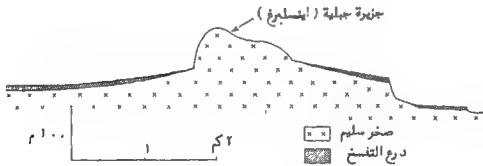


( شكل ١٣١ ) - نموذج التضريس في الغابة الاستوائية

عراقيب غضار تنفس الأحمر ، ويشرف عليها قالب سكر مؤلف من صخر غير متفكك .

اختلاف شكل قمته . فقد تكون قمة الإنسليبرغ على شكل قالب سكر أو ذات مقطع مختلف . وتستعمل عبارة قالب السكر للكناية عن شكل قمة دون النظر إلى شكل قاعدتها . فلا نستطيع أن نطلق عبارة إنسليبرغ ( بور في الصومال ) ، مثلاً تعثر على العديد منها في شمالي بلاد عسير وجنوب وشرق الطائف في جزيرة العرب ، على قمة تهين على عدد لا نهاية له من العراقيب بل يمكن تطبيق عبارة قالب سكر في مثل هذه الحالة فقط .

ومهما كان شأن الاختلافات فإن علينا دراسة بعض المشاكل بالنسبة لمجمل الأقطار الواقعة بين المدارين . والواقع لقد استطاعت التبدلات المناخية في الماضي ، وذلك في منطقة واقعة بين المدارين ، أن تؤدي لتعاقب فترات جافة وفترات رطبة . وهكذا نجد في عقفة نهر النيجر أن الفترات الرطبية أكثر من الوقت الحاضر أدت لتشكيل سماكات كبيرة من الأنقاض المتفسخة أكثر عمقاً من تلك التي تحصل حالياً ، كما أن الفترات الأكثر جفافاً ساعدت على تشكيل كُثبان عمد النبات في المناخ الحالي إلى تثبيتها ، مثل أقواز غربي السودان .



( شكل ١٢٢ ) - نموذج تفسيس السائنة

أنسليبرغ تطل على سطوح تسوية ( يكون قطاع العاليية فيها أحياناً على شكل حادور ذي ميل محسوس ) ونجد هنا دروع تفسخ حديدية ferruginous ( غنية بأكاسيد الحديد ) مقطعة على شكل هضاب متدرجة .

## ثانياً - التفسخ الحدليتي ferrallitique والتصلب الحديدي

: ferrigineuse

يعتبر التفسخ الكيماوي عاملاً جوهرياً في نطاق ما بين المدارين . وينتج عن المطر الدافئ ويمارس عمله طيلة العام تحت مناخ استوائي ، وخلال الفصل الرطب فقط في المناخ المداري حيث يتعاقب فصل الجفاف مع فصل الأمطار .

هذا ويتم تفسخ الفلزات حسب نفس النسق الذي يتم في النطاقات المناخية الأخرى . فالتفسخ يهاجم الأملاح بادية ذي بدء ثم الصخور الكلسية التي تذوب بسرعة ، وبعدئذ الفلزات القلوية ، أي تلك التي تدخل في الأسس bases الرئيسية . وإذا كان التفسخ لا يتقدم لأبعد من ذلك في النطاقين المعتدلين ، فإن السيليس يتحلل أيضاً في أقطار ما بين المدارين ، بسبب شدة ارتفاع الحرارة ، ومن ثم تسحبه المياه المتسربة في باطن الأرض . وتعرض الفلزات الغضارية التي تشكل هناك للافتقار إلى السيليس ، وخاصة أنواع الكاولينيت ، التي تصبح عبارة عن غضاريات أفقر في السيليس من مثيلاتها في الأقطار المعتدلة .

هذا ويظل الألومين وبعض أكاسيد الحديد عاتية على الذوبان . وبينما نجد في النطاق المعتدل أن الترب تحتفظ بصورة رئيسية بالسيليس وبالألومين وبأكاسيد الحديد ، لذا يقال أن النطاق المعتدل يخضع لفساد سيالتي sialitique ، نجد أنه لا يبقى في نطاق ما بين المدارين إلا العنصرين الآخرين أي الألومين وبعض أكاسيد الحديد ؛ ولهذا يقال يسود هناك تفسخ الليتي allitique ، أو بالأحرى ، حدليتي ، أي تفسخ لا يحتفظ بغير الحديد والألومين .



وإذا كانت أكسيد الحديد ، التي تشكل في النطاق المعتدل ، مؤلفة خاصة من الليمونيت ، وهو عبارة عن أكسيد مميّهة  $2Fe_2O_3 \cdot 3H_2O$  وله لون الصّدأ ، ويدعى المغرة ، ففي أقطار ما بين المدارين تتشكل فلزات الهيماتيت ، أي أوكسيد حديد لا مائي ، محفف بسبب شدة التبخر الناجم عن الحر ويكون له لون الدم .

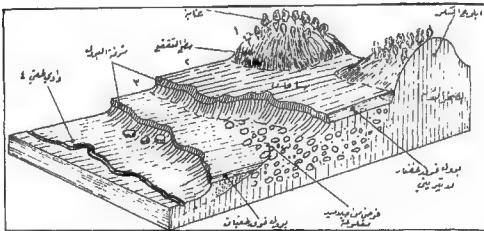
ومن المسلّم به أن اختلافات سلوك الصخور تكون كبيرة . وإذا لم نتعرض هنا لبحث الصخور الكلسية التي درسنا مورفولوجيتها ذات الأصلة على حدة ، بسبب أهليتها للذوبان ، في الفصل السادس ، فإن علينا أن نغز بين أكثر الصخور أساسيّة *basiques* التي لا تعطي سوى القليل من الكاءولينيت ، والتي تتشكل فيها الدروع الحديدية بسهولة ، وبين الصخور الحامضة كأنواع الغرانيت التي لا تعطي دروعاً إلا بصعوبة . فعروق الكوارتز المؤلفة من سيليس نقي يظل سيليسها يقاوم بصورة أفضل بكثير من سيليس الصخور ذات الفلدسبات ، فتظل العروق المذكورة ذات تضريس بارز ، ناقىء وهي تؤلف تضاريس الدايك *dyke* في نجد الغريبة وبلاد عسير .

ولما كان الفساد في نطاق ما بين المدارين مرتبطاً بالرطوبة ، فن السهل علينا أن ندرك سبب كون الفساد المذكور بطيئاً أكثر فوق الصخور المنعزلة التي تتجفف بسرعة ، وكذلك على المنحدرات الشديدة حيث يكون الصخر عارياً ، في حين يكون التفسخ نشيطاً تحت توضعرات رخوة أو تحت تربة تحتفظ بالرطوبة . وهكذا نلاحظ ، وهذا على خلاف ما يظن الكثيرون ، أن خواصر قوالب السكر تظل نسبياً ذات مناعة ضد عوادي التفسخ . إذن يؤدي التفسخ في منطقة ما بين المدارين إلى استفحال المفارقات بين المنحدرات ذات الصخور الملساء ، التي لا تتعرض كثيراً للحت ، وبين

السفوح الضعيفة الميل ، المغلفة بغطاء من تربة حمراء تلعب دور ضامد رطب مانع لالتئام الجروح الحتية ، والذي يسبب ضعاً موائماً للتفسخ .

هذا ويختلف تأثير هذه العوامل ، التي درسناها آنفاً ، من خط الاستواء حتى الصحراء باختلاف مقادير الأمطار . ففي المناطق الاستوائية أو المدارية الرطبة تبلغ سماكة أغشية التفسخ حداً يتراوح بين ١٠ م و ٥٠ م . ولكن هذه السماكة تكون أقل من ذلك في مناطق المناخ المداري حيث يقل مجموع الأمطار السنوية عن ١٠٠٠ مم أو عن ٨٠٠ مم فتبلغ المترين عمقاً على سفوح قمة السوداء ( ٣١٠٠ م ) قرب مدينة أبها عاصمة إقليم عسير . ولكن الدروع قد تتشكل هنا . أما إذا قلت الأمطار عن ٦٠٠ مم فإن التفسخ الحديدي ذاته لا يحصل هناك أبداً .

وهكذا تضطرننا اختلافات المناخ ، والتي تضاف إليها اختلافات البيئة البيولوجية ، تضطرننا إذن إلى دراسة منفصلة تتناول البيئة الرطبة في الغابة الكثيفة ، ودراسة مناطق السافانة أو الغابة الشوكية حيث يخلق فصل الجفاف الطويل وقلة مقادير الأمطار شروطاً ذات أصالة .



( شكل ١٣ ) : عناصر مورفولوجية في السافانة الإفريقية . ( لاحظ شكل ١٣٤ )

وكلمة howl يووال تعني هنا صفيحات صلبة تدعى الدروع الحديدية لئلاها بالحديد .

### ثالثاً - أصالة مورفولوجية الغابة الكثيفة .

تتفسخ الصخور في الغابة الكثيفة ، ذات الفصل الجاف القصير والمتصف برطوبة هوائية شديدة ، أقول تتفسخ هذه الصخور بعمق وتتحوّل خاصة إلى كاولينيت . ويغطي الغضار الأحمر الذي يبلغ سمكه بضعة أمتار ، يغطي السفوح ، لدرجة تنعدم فيها التكتشفات الصخرية وحجارة البناء .

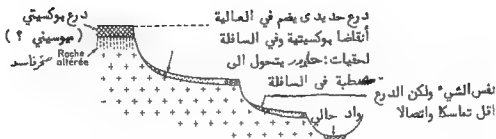
والطبغرافية الأكثر انتشاراً تكون على شكل تيه من العراقيب . وقد يبلغ انحدار هذه العراقيب درجة شديدة نوعاً ما فتبلغ ٤٥ درجة أحياناً . ولا يهين على هذه العراقيب سوى القباب المتبلورة السليمة والتي تشكل « قوالب سكر » ، وهي بقايا من صخور قاسية اكتسبت مناعة نسبية لأنها لا تكون مغطاة بغطاء تفسخي مرطب .

وهكذا تكون قوالب السكر عبارة عن تضاريس حث تفاضلي . بقي علينا أن نعرف لماذا يكون لها شكل قطع مكافئ منتظم ؛ هذه المشكلة لا تزال موضع نقاش ولن نتعرض لها في هذا المجال .

وقد يتمكن الحث فوق سفوح العراقيب من جرف التربة الحمراء السميكة وتشكل مسيلات ذات سفوح منتصبة وعرة تدعى لافاكا Lavaka في المناطق الرطبة من جزيرة مدغسكر .

أما الدروع التي قد يعثر عليها في الغابة الكثيفة ، كما في غابة ساحل العاج أو حوض الأمازون فيبدو أن من الواجب أن نفسرها على أنها آثار باقية غير معاصرة inactuel من مناخ قديم ، مداري جاف .

وأكثر الأشكال أصالة على المجاري المائية في هذا النطاق هو تناوب



( شكل ١٢٤ ) - مخطط لمشاهد الدروع المتبقية النموذجية في النطاق السوداني في افريقيا الغربية . لقد كان التطور

كما يلي :

- ١ - تشكل درع الوميني ( بوكسيتي ) أوليفوسيني أو ميوسيني .
- ٢ - حث هذا الدرع وتشكل حادور مدرع يؤلف سحح واد وينتهي عند لحقيات نهر .
- ٣ - حث جديد جعل اللحقيات تبرز كنضريس وتؤلف مصبطة في حين يتكيف حادور في اسفل هذا التضريس ويؤدي لظهور وضع جديد لحط القاع .
- ٤ - مرحلة حفر جديد في الوادي حتى مستوى خط القاع الحالي .

القطاعات الهادئة biefs مع الجنادل rapides وهذا ما يفسره الحث التفاضلي ، وانعدام الانتظام هذا هو نظير المفارقة الملحوظة بين قوالب السكر وبين العراقيب الغضارية ، فحيثا يكون الصخر متفسخا لعمق كبير ، يستطيع النهر ان يشكل قطاعا هادئا ، ولكنه يحفر بصعوبة في الصخر المحلي . وانعدام انتظام مقاطع الانهار الطولانية هو نتيجة الكشط السريع الذي اعترى الغطاء التفسخي غير المنتظم ، وذلك استجابة للنهوض الثلاثي الذي خضعت له حينذاك المناطق المدارية كالركيزة البرازيلية والترس الافريقي . ولا نجد في السهول مواد صخرية طرية كما في النطاق الرسوبي في حوض الامازون . وعلى كل حال ليس من المعتقد أن الشلالات الافريقية هي نتيجة عمليات أسر حديثة ، لان لدينا دلائل جيولوجية على استمرارية مجاري انهارها . هذا كما لا يجوز أبدا الاعتقاد بأن وجود الشلالات هو برهان على عجز الانهار ، لأنها قادرة فعلا على ممارسة الحث .

#### رابعاً - اصالة مورفولوجية السافانة .

يُجنح التفسخ لأن يتم في السافانة ذات الفصلين المتباينين خلال الفصل الرطب أي يتم كما هو الحال في الغابة الكثيفة ، ولكن في الفصل الجاف يتوقف كل تحلل ، ولا سيما اوكسيد الحديد الموجود في الترب ، والذي يتثبت في محله ويجنح لان يشكل دروعاً حديدية لا يتمكن الفصل الرطب القادم من تفسخها . وهذه الدروع cuirasses هي عبارة عن تشكيلات يبلغ سمكها وسطياً ما بين متر واحد الى مترين ، تغطي وتصفح الصخر السليم أو صخراً متفسخاً تحول الى غضار على سماكة تعادل تقريباً سمك الدروع . وتكون هذه الدروع مقاومة للغاية ، ومتأخذة رغم تشققها ، ولا تصلح للزراعة مطلقاً . ويعود تشكيلها اما الى توضع الحديد الموجود في مركب تفسخ التربة ، وإما الى الحديد الذي جلبته المياه المذيبة ابتداءً من دروع قديمة . وهذه الدروع تعمل ، شأن القشرة الصحراوية في الاقطار شبه القاحلة ، على تعقيم الاراضي الزراعية .

اما في المناطق التي تقل فيها الامطار عن متر واحد فان الدروع الناتجة عن الهجرة الشاقولية التي تعتري مركب التفسخ لا تتشكل اليوم ، كما لا يبدو أنها تشكلت منذ حقبة قديمة ( او ليفوسين او ميوسين ) ، غير أن الدروع ذات التشكل الجانبي apport latéral فقد تشكلت في عدة عصور وتؤلف زمرة من مصاطب ، او على الاصح حادورات . وقد استعملت كلمة بـووال bowal ( الجمع بوويه ) للكناية عن التلاع وعن الحادورات المعلقة ، ويتغذى الحادور في عاليته من الحديد القادم من الدرع الواقع في الاعلى ، وهنا يشطر الحادور الصخر المحلي او يغلف ضمن توضعاته الجلاميد المنهالة ، ولكنه يتحول في قطاع سافلته الى لحقيات نهريّة . وهكذا تقوم الدروع الحديدية احياناً بمهمة تلاحم اللحقيات ( شكل ١٣٤ ) .

وهناك ايضا ، اي في المناطق المدارية ذات الفصل الجاف والفصل الرطب المتناوبين ، مساحات شديدة الانبساط ، تلك هي البيد سهول *pediplains* وتكون هذه المساحات تحت هيمنة جبال منعزلة تنتصب وكأنها جزر تبرز فوق سطح البحر : وهي الاينسلبرغ .

وتدعى السهول التي تقع تحت هيمنة هذه الجزر الصخرية البيدسهول ، وتطرح هذه الاشكال جميعا مشكلة عويصة بالنسبة لتفسير أصلها ، ونظرا الى ان هذه الاشكال تكون مشتركة بين قسم كبير من الصحراء وبين المنطقة المدارية ، فانها ستدرس على حدة .<sup>(٤٧)</sup>



---

( ٤٢ ) المورفولوجيا الساحلية في المناطق المدارية : تحوي السواحل المدارية ظواهر خاصة بها . ففيها تكثر الارصفة المرجانية كسواحل البحر الاحمر وشمال شرق استراليا ، كما ان الرمل يتكتل احيانا على شكل رصيف من حجر رملي تحت ماء البحر ، على مسافة بضعة أمتار في مقدمة البلاج ، كالرصيف الذي منح لمدينة رصيف *reef* البرازيلية اسمها ، والذي لازال اصله وامثاله غير معروف تماما ، كما أن الرقع الوحلية الساحلية تثبتت بسهولة اكبر كلما تثبتت فيها الجذور الموائية لاشجار المنغروف .

## الفصل السابع

المسألة المشتركة بين المناطق القاحلة وبين السافانات :

الحادورات glacis ، البيدسهل والايנסلبرغ

أولاً - الأشكال

١ - الحادور وهو شكل طبغرافي ذو ميل طولاني واضح ، يتراوح وسطيا بين درجة واحدة وخمس درجات ، وهو ميل ثابت أو مقعر قليلا ، ولكن الميل الجانبي يكون معدوما تماما ، او بعبارة اخرى فان مايسمى الفلوج أو ريل<sup>(١٣)</sup> rills التي تحرز الحادور انما تجري بصورة متوازية دون أن تتعمق بصورة محسوسة في سطح الحادور ، بحيث لا يمكن التمييز بين السرر والفواصل النهرية . أما اذا تعمق المجرى المائي في الحادور فعنى ذلك ان الحادور المذكور يخضع للتصابي وان الحادور عبارة عن شكل من الماضي . وهكذا نجد في ولاية المكسيك الجديدة وفي الجنوب المراكشي حادورات محززة بواسطة مجار مائية حالية ( شكل ١٣٥ ب ) . كما يمكن ان يُستحاث حادور قديم بواسطة مسكوبة لائبة وان يتحزز في بعض الامكنة ، وذلك حينما تفتقد هذه الحماية أي بعد زوال اللابة جزئياً بفعل الحت وتعرية ما تحتها ، كحالة بيدمينت اورتيز ortiz في ولاية المكسيك الجديدة ( شكل ١٣٥ ا ) . واحيانا ربما كان الحادور قد تعرض لحت بحيث نشأ حادور جديد في حضيضه . ونلاحظ في الجنوب المغربي ( أي

---

( ١٣ ) كلمة انكليزية تعني ثلمات ضحلة . قليلة التمرح . وهي اشكال صغيرة يقل عمقها عن متر واحد وكذلك

عرضها ولا تتشكل الا في التربة او في التشكلات السطحية في اعقاب سيول عنيفة فجائية .

جنوب جبال الأطلسي الخلفي ) وجود عدة حادورات محتضنة أو مصدقة emboîtés ومصفحة بقشرات كلسية . ولكن لكل منها مستوى مائل . وكل تعمق في المجاري المائية يؤدي لتخريب الحادور الذي لا يمكن تفسير تشكله اذن الا بدءا من تطور يبدأ من سطح الارض .

وليس الحادور عبارة عن شكل ردمي ، لكن ربما يتصل باتجاه عاليته بمخاريط انصباب منطلقة من الجبل ، كما هو الحال في بيونت piedmont طهران ، غير أن هذه المجلوبات الانقاضية تقل ثخانتها تدريجيا باتجاه السافلة . والمألوف ان لانجد سوى تصفيحات placages لحقية رقيقة ، وهذا برهان عن وجود توازن بين الحت وبين التراكم .

هذا وقد يكون حد الحادور في عاليته عبارة عن جبل ، أو نطاق سفوح قليلة الارتفاع أو كريت crêt بنيوية منغزلة ، أو جبل منعزل ، أي اينسلبرخ . غير أننا نرى ان نظير هذه العبارة ليس صحيحا ، فكل اشكال الاينسلبرخ ليست عبارة عن نقاط انطلاق لحادورات شعاعية . وعندما يهين ميل شبه قائم على الحادور فان هذا الجرف يتصل معه بقطاع مقعر قصير جدا ، هو عبارة عن حذور talus<sup>(٤٤)</sup> تتفتت عنده الجلاميد ، كما قد يحدث ان



( شكل ١٢٥ - أ - حادور مستحاث ) استحاث بمسكوبة لابية قديمة ، حالة بيدمنت اورينز ) .

ب - حادور قدم خلال تجريبه بالتخديد ( حالة الجنوب المراكشي ) .

( ٤٤ ) الحذور talus شكل طبغرافي في حين ان الحادور glacis شكل مورفولوجي ناجم عن الحت تحت مناخ

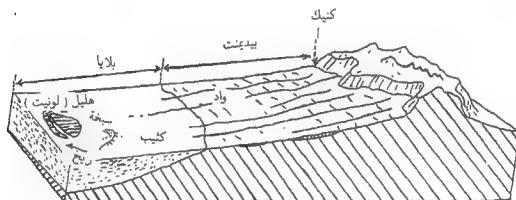
معين .



يكون التماس على شكل خط منكسر واضح ، ذاك هو التماس الفجائي الذي سماه الجغرافيون الالمان كنيك knick ( شكل ١٣٦ ) .



( شكل ١٣٦ ) - حادوران يتحولان الى يسيل اوسهل حتي صحراوي ( الى اليسار ) ومن الناحية الاخرى الى بلايا ، وهو سهل انتشار رسوبي عند ساقلة حادور حتي ، ونجد في وسطه سبخة .



( شكل ١٣٧ ) - الشروط البنيوية المنجمة اقترافا . حالة ييدمنت بحت . وتقدم الدخلات عند الكنيك ( ايمباينت embayment ) . هنا وقد يختفي انقطاع الميل النجالي العائد للسطح الصخري المدفون تحت البلايا اذا لم يكن نطاق البلايا معرضا للانكسار subidence .



( شكل ١٣٨ ) - نموذجان لحادور حتي صرف تكونا في صخر طري في أسفل تعريس من أصل بنيوي .

اما من طرف السافلة فان الحادور قد ينتهي على واد جاف oued او على بيد سهل pediplaine يتصل به الحادور بصورة غير محسوسة ، او على نطاق تراكم ، هي سهل الانفراش épandage او الانتثار ، وفوق سهل الانفراش هذا ، الذي يدعى احيانا بلاليا أو باهادا ، تقع غالبا بحيرة ضحلة موقفة ، هي السبخة ، التي تتحول صيفا الى قشرة ملحية ، كعظم سبخاتنا الواقعة على الحدود العراقية ، مثل سيخة البوارة أو شط في المغرب العربي مثل شط الغرسة . ويكون الترسب هنا غرينيا ، وفي النادر ، غضاريا .

ومن المناسب ان نميز ، وذلك استنادا الى الشروط المحلية ، بين الحادورات الصرفة وبين البيدينت . فالحادورات الصرفة هي التي تشكلت فوق صخر طري تحت اقدام تضاريس بنيوية ، اي تحت جبهة او ظهر كريت cret او تحت جبهة او ظهر كويستا الخ . وعلى العكس فان البيديمنت pediment فهو عبارة عن حادور تكيف في صخر منسجم في قساوته ، اي صخر متبلور ، أخذ في التفسخ السطحي . وهذه العبارة أي بيديمنت التي استعملت بشكل مفرط فأطلقت على كل الحادورات ، تعني جبهة fronton لان الاينسلبرغ تبدو بين بيدينتين وكأنها تمثال ينتصب فوق جبهة المعبد الاغريقي الثلاثية . والجرف الذي يحده البيدينت باتجاه العالية لا يعود لأصل بنيوي ، بل هو عبارة عن نهشة حتية في الكتلة الجبلية .

٢ - البيديسهل : وهو عبارة عن رقعة اقل ميلا بكثير من البيديمنت او الحادور ، اذ يكاد يكون الانحدار معدوما في سائر الاتجاهات . وقد يتصل البيديسهل بحادورات ، او قد يتكئ على عدة اينسلبرغات دون وجود مستويات مائلة تصل بينها . والكثير من هذه الصفات تكون مشتركة مع الحادورات كوجود غطاء انقاضي قليل السماكة . وقد تجوب بعض المجاري

المائية الموقفة سطح البيدهسل ولكن دون ان تتعمق فيه ، حتى ان فروق المستويات فيه تكون من الضعف بحيث لا تتجاوز المتر . ويمتد على مدى البصر ولا تتوقف العين الا عند الاينسلبرغات التي تهين على انبساط البيدهسل .

وقد يتصفح البيدهسل ، كما هو حال الحادور ، بدرع حديدي ، ولكن هذا ليس بالقاعدة العامة .

٣ - الاينسلبرغ هو تضريس منعزل ، يتراوح ارتفاعه بين بضع عشرات الامتار حتى ٥٠٠ م أو أكثر من ذلك ، منبثقا فوق بيدهسل أو فوق حادور ، ويكون التاس بواسطة انقطاع في الميل واضح وحيانا واضح جدا . وتوحي كلمة اينسلبرغ بالجزلة ، ولكن اشكال الاينسلبرغ قد تنحصر مكانيا على شكل مجموعات او قد تشكل كتلة متاسكة ، وهنا نكون عند حدود هذا المفهوم . وتكون اشكال القمم متنوعة ، ويندر ان تكون قاعدة الاينسلبرغ محسوبة بحدود المهيئات<sup>(٤٥)</sup> .

### ثانيا - التوزع الاقليمي

لا يكون التوزع الاقليمي متاثلا بالنسبة للأشكال الثلاثة وهي الحادور والبيدهسل والاينسلبرغ . فرقعة البيدهسل الحديثة والفضة تكون محدودة وأبعد باتجاه الجنوب من رقعة الحادورات . أما الحادورات ، او على الأقل الحادورات الحتية في صخر طري ، فهي شكل حي حتى نطاق البحر الابيض المتوسط الذي يكاد يكون كله ضمن مجال الحادورات . اما البيدهسل فلا

---

( ٤٥ ) وتكثر هذه الاشكال ، اي الاينسلبرغ ، في السودان وخاصة بجوار كلا ، واكثر من ذلك في الصومال ، حيث تسمى الواحدة منها بور Bar ، وتسمى بعض القرى أو المدن الصغرى باسمها مثل بور أبي الذي يرتفع الى ٦٠٠ م فوق سطح هضبة لا تزيد عن ٢٠٠ م وبور عقبة الجاور . وكلاهما يقعان الى الشمال الغربي من العاصمة مقديشو على مسافة ١١٠ كم تقريبا .

تصعد شمالا لأبعد من شمال غربي الصحراء الكبرى وهي ان لم تكن معاصرة حديثة على الأقل ، فهي عبارة عن اشكال غضة . غير أن البيدهسهول الموجودة في النطاقات الصحراوية تعود كما يعتقد الى مناخ مداري قديم اقل جفافا من المناخ الحالي . لكن الحادورات والبيديمينات وخاصة البيدهسهول تكون واسعة الانتشار جدا في النطاق المداري ذي فصل الجفاف الطويل ، ولكنها تقل تدريجيا كلما اقتربنا من المناطق الاستوائية حيث يسود ثير من التلال الحمراء . وتوجد اشكال الاينسلبرغ المميزة في النطاق المداري والصحراوي ولا تعتبر اشكالا حالية في النطاق الاستوائي ، ولا في النطاق الرومي ( المتوسطي ) .

### ثالثا - محاولات تفسير هذه الاشكال

تبدو المشاكل التي تطرحها الحادورات والبيدهسهول والايينسلبرغات على غاية من التعقيد .

ومن المقبول ان شكل الاينسلبرغ لا يتكون في المناطق المعتدلة لأن الانحدارات القائمة تكون هنا عرضة لعوامل الحت كما أن المنحدرات الصخرية التي تتجفف بسرعة في النطاقين القاحل والمداري ، تكون ذات مناعة ضد الحت . وفي حين يتقدم التفسخ الكيماوي تحت غطاء الفساد ، فان الصخر العادي يظل تقريبا سليما . ولكن كيف يتأتى للصخر ان يتعرض في بادئ الامر ؟ هذا ويفسر البيدهسهول ايضا بالتباين القائم بين المنحدرات الشديدة التي تكون ذات مناعة تجاه الحت وبين المناطق الرطبة الخاضعة للفساد . ولما كان للبيد .هل ميل ضعيف جدا في كل الاتجاهات ، فمن الميسور ان يكون الفساد فيه مرتبطا باستمرار الرطوبة . ولكن لما كان النطاق المداري اقل رطوبة من النطاق الاستوائي فان الفساد لا يمكن ان يهبط لعمق كبير . ولما

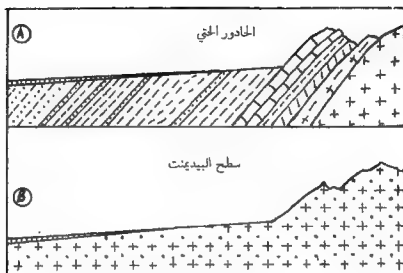
كانت الاودية عاجزة عن التعمق بسرعة عند بلوغها الصخر الحلي ، فليس هناك من تخزين يعمل على تصابي التضريس . اما البيدهول التي نجدها اليوم تحت مناخ صحراوي ، فان انقاضها السطحية تتعرض للتجوية بفعل السيول النادر وبفعل الريح وتصبح عبارة عن رق ، بيد أن تهديمها مستحيل .

هذا وتوحي الحادورات بتطورات حثية مشتركة جزئيا مع البيدهول ، وجزئيا مغايرة ، علما بأن كل الاشكال الانتقالية مع البيدهول يمكن العثور عليها . وكما هو الحال بالنسبة للبيدهول ، تكون الحادورات متصفة بضعف الحث الخطي lineaire . ولكن يجب تفسير الميل الطويلاني الحسوس في الحادورات ولكن هنا تصدى لمشكلة عسيرة للغاية مما لا يدع مجالا لمعالجتها هنا .

ونكتفي هنا فقط بالقول بأن التفكك الميكانيكي والكماوي يتضافر مع السيول في الثلمات rigoles على شكل اغشية واسعة sheet - flood وهو سيلان عاجز عن الحفر والذي يستطيع كشف الانقراض فقط . والواقع تكون المياه مفرطة الحولة وبالتالي لا تستطيع اذن ان تحرز في المستويات الكبيرة المائلة التي تحتفظ فوقها بميل شديد ( شكل ١٣ ) .

#### رابعا - الخلاصة

تتميز المناطق المدارية والقاحلة وشبه القاحلة بالمفارقات بين الاشكال ذات الانحدار الشديد وبين الاشكال المنبسطة ( حادورات . بيدهول ) . هذه التضاريس الناتجة تكون على علاقة بقحولة المناخ ( لان المنحدرات تتجفف سريعا وتتحصن ضد الحث ) ومع مصاعب الحفر الخطي الذي يفسر بضعف الفساد الكماوي ( اختلاف مع المناطق الاستوائية ) .



( شكل ١٣٩ )

## الفصل الثامن

### نبذة عن الحت البشري

**تمهيد :** يستطيع الانسان ان يحوّر في الغطاء النباتي الطبيعي ، وبذلك يصنع شروطا بيولوجية جديدة ينطلق منها نظام حتي أصيل ، هو نظام يصنع شروطا بيولوجية جديدة ينطلق منها نظام حتي أصيل ، هو نظام الحت البشري . ويؤثر الانسان قبل كل شيء باخضاع اراض جديدة للزراعة او للرعي على حساب الغابة او التشكلات الشجرية ، ممثما يستطيع ان يؤثر ايضا بواسطة قطعانه التي تتكن من تخريب نبات المراعي عندما يكون عدد رؤوس الماشية بالنسبة لوحدة المساحة كبير جدا ، وهذا ما يسمى بفرط العبء الرعوي وينتج عن هذه التأثيرات استنفال الحت ، استنفال يتم على حساب المساحات المفيدة ، والذي يمكن ان يتخذ شكل كارثة قومية : ذاك هو حث التربة .



يمكن ان يكون هذا الحث نتيجة ماء السيالان ، فوق المنحدرات ، او ناجما عن الريح فوق مساحات واسعة كما يمكن للمنحدرات الطويلة الضعيفة ان تكون مسرحاً لهذين العاملين معا .

ويكون حث التربة عنيفا جدا في المناخات شبه القاحلة حيث تفقد الترب تماسكها خلال فترات الجفاف الطويلة اللهم الا حيث تتشكل قشرة كلسية ، ولكن تكون الزراعة هنا عسيرة ان لم نقل مستحيلة وحيث تعيش الزخات المطرية الشديدة والمتباعدة تخريبا وكذلك الرياح العنيفة . ويمكن لحت التربة ان يكون خطيرا اذا كان نظام الزراعة يترك الارض عارية ، كنظام البور او زراعة محاصيل لا تغطي التربة تماما ، بينما يكون خفيفا عند

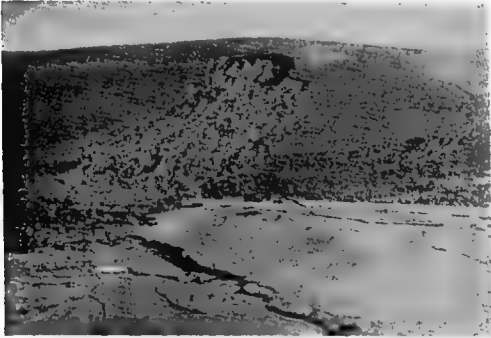
ممارسة زراعات تغطي الارض كالبرسيم . هذا وتلتقف التذرية اكثر العناصر نعومة في الترب ، بينا توضع الرمال عند اقدام العوائق وتثير عواصف غبارية مع الجزيئات الغضارية والغرينية . ومن المنطقي ان تكون العناصر الباقية في محلها ذات مقاييس خشنة جدا تعجز النباتات عن استغلالها ، وهكذا تتخرب التربة بهذا المفعول الاصطفائي للحت الريحي .

هذا وقد يظل الحت السيلاني سطحيًا او يحفر ثلمات وحق مسيلات تمتد باتجاه العالية بفعل الحت التراجعي . ويستطيع الانسان ان يكافح ضد حث التربة وذلك بحراثة الارض حسب خطوط التسوية أو contourillage بحيث يحال بين السيلان وبين ان يتولد في ثلمات تنشأ على طول الميل ، وبتحويل تربة التلال الى مصاطب افقية ، وحتى ذات ميل متعكس مع الميل العام ، منفصلة عن بعضها بدرجات ، كالدراجات المزروعة بالتفافح في لبنان . كما يكون من المناسب لتحديد اضرار التذرية ، تحاشي البور وحراثة الارض بصورة متعامدة مع الريح وبجعل زراعة المحاصيل على شكل شريطان متعاقبة strips ممتدة هي ايضا بصورة متعامدة مع اكثر الرياح عتوا . ومن المفيد جدا زراعة صفوف الاشجار كمصدات للريح كحواجز اشجار العفص في جنوبي فرنسا للوقاية من رياح المسترال ، او زراعة شجيرات الطرفاء والأثل والكسر ولينا والاكاليبتوس ( ويدعى كينا في سورية ، كافور في مصر ) في واحات المملكة السعودية .

ويقوم السيلان بتلقف اكثر العناصر نعومة شأن الريح ، وينتج عن ذلك اقتصار تغذية انهار المناطق المزروعة على الانقراض الدقيقة بصورة رئيسية ، باستثناء العناصر القادرة على اعطاء جلايمد وحباء . ولهذا لا توضع الفيضانات الحالية ، فيما عدا المناطق الجبلية ، سوى لحقيات ناعمة ، مما



يشكل الى حد ما تعويضا مفيدا لحت التربة ، ذلك ان الفيضان يخصب ارض السهول بتوضعاته ، لاسيما اذا كانت عديمة الصرف الخارجي ، كسهول سوريا الداخلية حيث نجد اجود السهول الزراعية في المنخفضات في حين تكون التلال بلا تربة على الغالب كأكثر التلال والجبال الممتدة شرقي نهر الاردن .



صورة رقم ١٦ - حث التربة في عربي الولايات المتحدة . الحث على شكل أنلام أو ريل Nile ( الى اليمين ) وعلى شكل تحديد ( في الوسط ) وتكس الانقراض الدقيقة في قاع الوادي .

## الجزء الرابع

### الجيومورفولوجيا الساحلية

#### الفصل الأول

#### الخت الساحلي

**مقدمة :** يتم التماس بين الأرض والبحر بشكل خاص في نطاق الساطر ، وهو مجال ينحصر بين أعلى مستوى لسطح البحر وبين أدنى مستوى له . ويبلغ اختلاف المستوى بين المد والجزر ، هذا الاختلاف الذي يدمى الرياح marnage ، يبلغ ٢٠ م في أقصى حالاته ، ولكن على الغالب مترين أو ثلاثة وحتى أقل من ذلك . يبدو أن الخت الساحلي يصيب جزءا من الأرض يملو فوق مستوى المد : كالجدران أي الجروف الساحلية ، أو الرواشن ، والمجالات التي يصل إليها رذاذ البحر ، فضلا عن ذلك فإن النشاطات المفورة تنتسب بدورها للمجال الساحلي بسبب العمل التحتائي الذي تقوم به الموجة عند تحطمها .

ولم تكن السواحل دوماً عديدة مكانيا في مواقعها الحالية ، لان الطفانيات والانحسارات تماقتت خلال التاريخ الجيولوجي ، بسبب الحركات التي انتابت الأرض وحركات مستوى سطح المحيطات . فالساحل اذن عبارة عن وضع عابر كخط الساحل والذي سبق له ان ترك في اتجاه البحر أو في اتجاه الأرض أثارا عن وضع سابق .

#### اولا - عوامل الخت الساحلي .

ان العوامل الرئيسية في الخت الساحلي هي الامواج والتيارات . ولكن علينا ان نتذكر مع ذلك ان هناك تأثيرات اخرى تقوم بدورها ايضا ولا سيما التحلل الذي يقوم به الرذاذ وركود برك الماء البحري فوق الساطر ، لاسيما اذا كان الصخر هنا كلسيا .

١ - وتنتج الامواج عن حركة تموجية . فترسم كل ذرة ماء دائرة كاملة تقريبا ، بحيث ان كل ذرة تعود بلا توقف تقريبا لنفس المكان : هذه هي

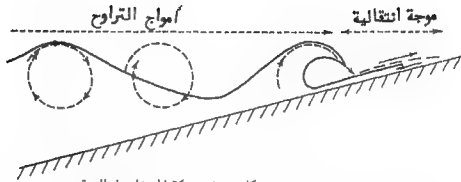
الحركة الاهتزازية oscillatoire التي تختلف عن حركة الانتقال التي تحرك الذرات بصورة كتلية .

ويطلق على الموجة التي يدفعها الريح عبارة الموجة المقسورة . وفي مقابل ذلك تطلق عبارة الهول houle على تعاقب الامواج الناجمة عن الريح ، ولكنها تنتشر في خارج المجال الذي يهب منه الريح . ويتعلق مقياس الامواج بقوة الريح ، وبديمومته ، وبمقياس السطح المائي الذي يهب فوقه ، أي بمدى ، أو بالاحرى ، بشوطة course ( او fetch بالانكليزية ) ، ويندر ان يتجاوز ارتفاع الموجة خمسة أمتار ، وتكون المسافة بين موجتين دوما أكبر بكثير من ارتفاعها .

وعند اقتراب الموجة من الساحل فانها تتعرض لتغيرات ، فما أن يصبح العمق اقل من نصف طول الموجة ، حتى تصاب الموجة بالانكسار اي تغير اتجاهها بحيث تصبح موازية لخطوط الاعماق المتساوية ، وتأخذ بضرب الساحل عمودياً . وفي الواقع تكون الموجة تجاه الرؤوس ، حيث يقل العمق ، تكون هذه الموجة مكبوحة بقوة تفوق كثيرا تلك التي تعرقلها عند مدخل الخلجان . وفي نفس الوقت تخضع الموجة لتحولات شكلية .

هذا ولا تستطيع الحركة الدائرية ، في الماء الضحل ، أن تستمر . لذا تتهدر الموجة وتتحول الى كومة من الزبد وبذلك تحولت الدذبذبة الى موجة انتقالية ( شكل ١٤ ) . وتمارس الموجة عملا قد يكون كبيرا جدا بفعل الضغط ، والصدم ، والقصف مستعينة بالعناصر الصلبة التي تحملها . وكل موجة متهدرة تحمل ، وتحفر ، وتوضع .

واذا كان من الممكن ملاحظة عمل الموجة المتهدرة فان عمل الموجة فوق القاع قبل التهدر لا يزال غير معلوم جيدا . ويذهب بعض المؤلفين الى القول



( شكل ١٤٠ ) - حركة الجزيئات في الموجة

لاحظ الحركة شبه الدائرية orbital للجزيئات الماء والتهدر الذي يحول الموجة المتذبذبة الى موجة انتقالية .

بأنه يحصل عمل كشط مهم على عمق يصل الى بضع عشرات الامتار ، في حين يرى البعض ان العمل الحثي في القاع ضعيف .

٢ - وتكون التيارات من نماذج عديدة جدا . والتيارات التي تقيس المورفولوجيا الساحلية اكثر من سواها هي تيارات الانقراض والتيارات المد والجزر .

آ ) وتحصل تيارات الانقراض عندما لا تضرب الامواج الساحل باتجاه عمودي ( رغم الانكسار réfraction ، وهذه حالة عامة ، لان الانكسار يخفف الميل دون ان يقضي عليه تماما ) . ويتم التراجع حسب زاوية انعكاس تعادل تقريبا زاوية السقوط incidence ، وهكذا « تنعكس » الانقراض في كل موجة وتتبع مسيرة أمّية en zigzag تكون محصلتها انتقال الانقراض بصورة موازية للساحل ( شكل ١٤١ ) .

ب ) تيارات المد والجزر . لا تعتبر حركات المد والجزر بحد ذاتها تيارا بكل معنى الكلمة . ولكن تياراً ما ينتج عن المد والجزر لأنه نتيجة اختلاف مستوى الماء بين نقطتين : وكما هو الحال بالنسبة لتيار نهري ، فهو يعود



( شكل ١٤١ ) - تيار الانقراض على البلاج ، تيار الانقراض . هول

لظاهرة الثقالة . هذا التيار الذي يكون ضعيفا يصبح سريعا في المضائق وفي  
المصببات النهرية .

ويقوم تيار المد والجزر ، شأن التيار النهرى ، بالحفر وبالتركيم حسب  
طرائق معقدة لا مجال لدراستها هنا .

### ثانيا - أشكال الجدار الساحلي والبلاج<sup>(٤٦)</sup>

إذا كانت نتيجة عمل الموجة والتيارات هي الحت فإن الشكل الناتج هو  
الجدار الساحلي أو الروشن falaise أما إذا كانت نتيجة عملها هو التراكم فإن  
الشكل الناتج هو البلاج . ونصادف كلا الشكلين على ساحل واحد إذ قد  
يتشكل بلاج في قطاع محمي ، ويتكيف جدار ساحلي بفعل الحت عند نقطة  
شديدة التعرض كالرؤوس .

١ - الجدار الساحلي : الجدار الساحلي عبارة عن نشزة « غير مستوية  
بالنبات ، ذات ميل شديد ، يتراوح ميلها بين ١٥ درجة و ٩٠ درجة أو تكون  
على شكل سقيفة ، مختلفة الارتفاع جدا عند تماس البر مع البحر ونتيجة عن  
العمل البحري أو عن وجوده في السابق ( آ . غيلشر ) » .

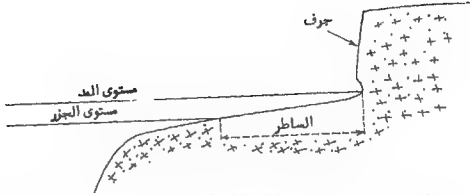
وليس كل ساحل صخري هو عبارة عن ساحل ذي روشن ، وعلى العكس  
قد نجد رواشن « جدران ساحلية » في تشكيلات غير صخرية كالطمي مثلا ، أو

( ٤٦ ) الجدار الساحلي أو الجرف الساحلي أو الروشن كلتات مترادفة تقابل كلمة falaise الفرنسية .

بمعنى آخر إن عبارة ساحل صخري وعبارة ساحل ذو روشن ليستا مترادفتين .  
هذا ونغيز الرواشن الحية التي لا تزال معرضة لتلاطم أمواج البحر عن  
الرواشن الميتة ، وهي المنفصلة عن البحر بنطاق توضع ، مثال ذلك طرفا  
مصب نهر السوم Somme الخليجي .

تشكل الروشن falaise أو الجدار الساحلي : تستند النظرية التقليدية  
في تشكل الروشن على دور الحت الميكانيكي الذي تقوم به الأمواج . وقد  
أظهرت الأبحاث الحديثة أن عوامل أخرى تضافرت مع الحت الميكانيكي وإن  
تراجع الروشن كان متفاوتا جدا حسب نوعية الصخور ، حتى أنه ليكون شبه  
معدوم بالنسبة لبعضها .

واستنادا إلى النظرية التقليدية ، فإن الصدم coup de bélier الذي تقوم  
به الأمواج ، والذي يماثل الصدم الذي كانت تقوم به الأعمدة الخشبية الغليظة  
في تقويض أسوار المدن المحاصرة ، هو الذي ينسف قاعدة جرف الساحل .  
وينحى شكل سقيفة ، أو شرفة ، ويؤدي إلى انهيار كتلي . بيد أن التقوير  
الذي يدعى تقوير النحر أو النسف ، والذي يتشكل في قاعدة الرواشن ، كثيرا  
ما ينسب ، على العكس ، إلى الحت الكيماوي . ولا يمكننا أن نعزو هذا  
التقوير إلى النحر أو النسف sapement إلا في حالة صخر طري ، أما في  
الصخور الأخرى ، وخاصة في حالة الصخور الكلسية المقاومة ، فإن التحلل  
بواسطة الرذاذ وبواسطة البرك الصغيرة vasques هو الذي يلعب الدور  
الرئيسي ، كما أن تقهقر الساحل قد يكون هزيعاً جداً . وقد يحدث أن  
لا يتشكل أي روشن كما قد لا يكون للجرف الساحلي أية علاقة مع عمل البحر ،  
كأن يكون ناتجا عن ثنية flexure أو عن صدع ، وهنا نكون تجاه روشن  
مزيف ، وهنا لا يجوز الخلط مع الروشن الميت الناجم عن عمل بحري سابق .



( شكل ١٤٢ ) - روشن وعتبة حث ساحلي . الفارق العمودي بين المستويين هو الارتفاع . روشن تقليدي ذو شرفة أو سقيفة . لاحظ عتبة الحث الساحلي وهي مستوية تحت مستوى الجزر .

ونجد أحيانا في مقدمة الروشن عتبة مغمورة ( شكل ١٤٢ ) سماها بعض العلماء عتبة النحت abrasion ، ولكنه من الأنسب أن ندعوها عتبة الحث البحري أو عتبة الحث الساحلي<sup>(٤٧)</sup> لأن الحث ليس العامل الوحيد الذي يكيّفها ولأن التحلل يلعب دوره أيضا .

يتعلق مقطع الرواشن إلى حد كبير بطبيعة الصخور ، ونستطيع أن نميز بصورة خاصة ما يلي :

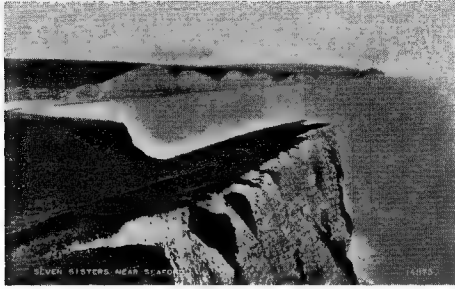
١ - الرواشن الحواريّة العالية ( نموذج بلاذكو Caux ) شمالي فرنسا وجنوبي انكلترا .

٢ - الرواشن الكاذبة في الصخور المتبلورة .

٣ - الرواشن ذات الانزلاقات أو ذات مسكوبات الطين الغضاري .

( ٤٧ ) ليست عتبة الحث الساحلي سوى جزء من مجموع يمتد كثيرا لأبعد من ذلك في اتجاه عرض البحر ، هو العتبة القاريّة . وتدل هذه العبارة على نطاق ضحل ( دون ١٨٠ م ) يحاذي القارة ويعرض تجاه السهول ويضيق أمام الجبال . وتنتسب بعض البحار الجانيّة إليه كليا مثل بحر المانش وبحر الشمال ، ولا يزال أصلها مجهولا ، أي أصل العتبة المذكورة .

أما من طرف عرض البحر فإن العتبة القاريّة تكون محدودة بمحدود قاري يربطها بواسطة انحدار شديد مع القيمان المحيطية . ويكون الحدود المذكور محززا بوديّان تحتائية ، هي الخواثق البحريّة التي تكون عبارة عن أودية برية قديمة غارت تحت الماء ، أو عبارة عن أشكال حثية ناتجة عن تيارات تحتائية



صورة رقم ١٧ - الأغوات السبع قرب سيفورد على الساحل البريطاني . لاحظ الأودية المعلقة أو « الفاللوز » وهو روض من النمط الأول .

٢ - البلاج : البلاج هو « تراكم يحدث عند حافة البحر ، مؤلف من أنقاض أكثر خشونة من العناصر الرئيسية في الوحل » ، علما بأن بعض البلاجات تتحول إلى مواحل vasières في نطاق حركة الجزر . وتحتفظ بكلمة غراف grève للكناية عن بلاج مؤلف من الحصاء .

وتشتمل مواد البلاجات على جلاميد ، وحصباء ، وبحص ، ورمال وحقى على عناصر أكثر نعومة . ولا تنتج المواد الدقيقة مطلقا عن تهشم أنقاض خشنة بفعل البحر ، بل الصحيح هو أن البحر يتلقفها كما هي : فالرمال تصدر إما عن توضعات نهريّة أو عن صخور تفسخت مسبقا كالغرانيت . ولكن إذا كان البحر لا يهشم الأنقاض فهو على الأقل يكتفئها : فهو يعتمد إلى صقل الرمال وإلى تبسيط الحصاء بسرعة تفوق ما تقوم به الأنهار .

هذا وللبلاج قسم مغمور وقسم طاف ينتهي أحيانا بعرف ، وتزداد خشونة مواد البلاج كلما اتجهنا من الأسفل إلى الأعلى ، أو من عرض



البحر باتجاه البر ، وفوق القسم الطافي تنشأ كثبان كالتي نجدها تجاه ساحل عكار . ولا يزيد ارتفاع غالبية هذه الكثبان عن بضعة أمتار ، ولكن هناك كثبان ساحلية يبلغ ارتفاعها مائة متر مثل كثيب بيلا pyla في غاسقونيا ، في جنوب غرب فرنسا . ويفسر تشكل الكثبان بوجود رياح شديدة قادمة من عرض البحر . وما يساعد على تكوينها انعدام النبات فوق البلاج وقدرة الريح على تجفيف الرمال الرطبة . وإذا اجتاحت النبات الكثيب فإنه يثبتته إلى أن تهب عاصفة شاذة في عنفها فتفتح ثغرة فيه على شكل قِدر chaudron تدعى كاودير caoudeyro في جنوب غرب فرنسا وهو تطور يماثل تطور الأقواز في السودان .

**مرتسم ووضع البلاجات :** تكون البلاجات تارة مرتبطة بتسنيات الساحل ، وتارة تكون مستقلة بصورة متفاوتة عن مرتسم الساحل . وفي هذه الحالة يدعى القسم الطافي من البلاج الحبل الساحلي أو عرف طليعة الساحل العامم .

ونستطيع أن نميز بين البلاجات المرتبطة بتسنى الساحل ما يلي :

( شكل ١٤٣ ) .

١ - بلاجات صدر الخليج التي تتخذ شكل قوس دائرة ، أي حسب الرسم الذي تجنح الأمواج لاختاذه بفعل انكسار الأمواج المتهددة .



( شكل ١٤٣ ) - تحديد مواقع مختلف نماذج البلاجات

وقد نجد الموز mouroir أيضا فوق الصخر الحلي ، إلى يمين الشكل .

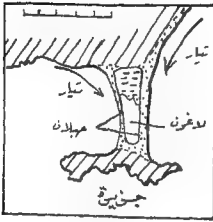
٢ - البلاجات التي تعمل على حجز خليج في منتصف الطريق بين رأسه وبين مدخله ، وهي نادرة نوعا ما .

٣ - الأسهم التي تتنجح إلى حجز مدخل الخليج ، وهي حالة كثيرة الحدوث ، وهي التي يطلق عليها كلمة poulie المستعملة في إقليم بيكاردي في شمال فرنسا ، وتقابلها كلمة ظفر العربية .

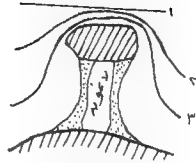
هذا ويمنح الظفر إلى تحويل الخليج إلى لاغون مثل بحيرات الساحل المصري على البحر الأبيض المتوسط مثل البرلس ومريوط . ويتحقق ذلك إذا لم يكن هناك نهر هام يصب فيه ، أي في الخليج ، وإذا كان التبخر والتسرب كافيين لتفريغ المياه التي تصل إليه . ولكن يحدث في أغلب الأحيان أن يبقى هناك ممرات تؤمن خروج الماء القاري الأصل مثلما تسمح بمرور تيار المد . ونسمي الواحد من هذه الممرات بوعاز أو غروس graus وهي كلمة دارجة في منطقة لانغدوك السفلى ، جنوبي فرنسا .

وعلى العموم ينشأ الظفر على طرف واحد من الخليج ويتقدم حسب اتجاه تيار الأنقاض . أما الضفة المقابلة ، فعلى العكس ، تتعرض للتآكل ، وهي البوز musoir وهي عبارة بيكاردي نسبة إلى إقليم بيكاردي في شالي فرنسا أيضا . ونجد أمثلة جيدة عن « الأظافر » على الساحل البيكاردي عند كل مصب نهر ، وعند رأس فيريه Ferret الذي يعمل على إغلاق حوض أركاشون Arcachon في جوار مدينة بوردو وفي ما يسمى بالنهرونغ Nehrung على الساحل الجنوبي لبحر البلطيك .

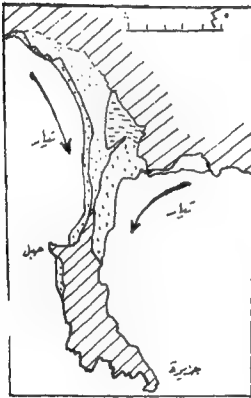
وهناك أيضا بلاجات غير مرتبطة بالساحل البدائي . وأفضل الأمثلة عن هذه الحال الساحلية أو الأعراف الساحلية الطلائعية العائمة يتثل في رأس



طومبولو مزدوج

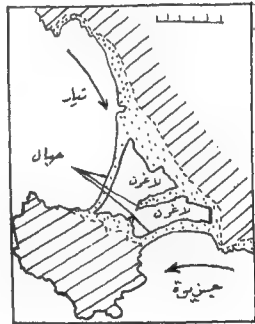


تشكل تومبولو بفعل تكرس الأمواج



الطومبولو البسيط

( كيرون )



طومبولو ثلاثي

( شكل ١٤٤ ) - تومبولو بسيط وتومبولو مضاعف ( تمثيل مسطح ) تشكل طومبولو بفعل تكرس الأمواج

هاتراس على الساحل الأطلنطي للولايات المتحدة . وقد يتشبث الجبل الرملي أيضا بجزيرة صخرية صغيرة ويظل على الغالب في عرض البحر بالنسبة للساحل الأصلي . تلك هي حالة خط البلاج في اللانغدوك السفلى ، والمتكئ على النتوء البركاني المؤلف من جبل آغد Agde وعلى طية سات Sète الكلسية ، غربي مرسلينا .

كما يستطيع سهم رملي أن يربط جزيرة بالساحل القريب . وتسمى عندئذ **تومبولو** tombolo ولا تعني هذه الكلمة الجزيرة والسهم سوية ، بل السهم الرملي لوحده .

هذا وقد تكون الأشكال متفاوتة في تعقيدها ( شكل ١٤٤ ) : فهناك أشكال تومبولو بسيطة مثل تومبولو كيرون في بريتانيا ، وتومبولو مضاعف مثل تومبولوجيان Giens على الساحل الفرنسي الجنوبي ، وطومبولو مثلث مثل طومبولو اورتوبيللو Ortebello على ساحل ماريم Maremmes على الساحل الإيطالي المطل على البحر التيريني .

ويكون المرتسم المسطح لكل نماذج البلاجيات على العموم بسيطا ، وتتميز السواحل المؤلفة من هذه البلاجيات من قطاعات كبيرة مستقيمة ، كالساحل الفلسطيني بين غزة ورأس الكرمل ، أو على شكل أقواس ذات قطر انحنائي كبير ، يكون التقرع متجها نحو البحر . غير أن الأظافر تتخذ أحيانا شكل كلابّ crochet في نهايتها . ومن ناحية أخرى هناك بعض البلاجيات المعقدة التي ترسم بوزا متقدما مؤلفا من حبال متعاقبة ، وهذه هي حالة دارس Darss على الساحل البلطي ، وحبال منطقة دونجنس Dungeness على الساحل البريطاني المطل على مضيق بادو كاليه .

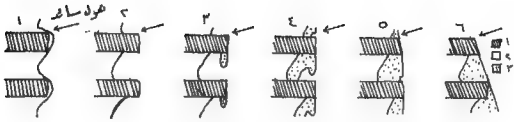
ثالثا - تقويم الساحل بسبب تراجع الروشن وبناء البلاجات .

من المؤلف التأكيد بأن ساحلاً شاباً هو عبارة عن ساحل مسنن أو مشرشر يتطور نحو الهرم بتقويه بفعل نفس الرؤوس وانسداد مداخل الخلجان بأسهم تتعرض اللاغونات خلفها للانطواء بسرعة . هذه النظرية صحيحة في خطوطها الكبرى ( شكل ١٤٥ ) .

وعلى كل يبدو من المناسب تقديم بعض التوضيحات عن بعض نقاط النظرية التقليدية .

١ - مثلاً رأينا سابقاً أن تضريسا قاريًا ناضجا يؤدي لاستفحال الاختلافات الليتولوجية ، تلك الاختلافات التي لا تنحني إلا في مرحلة الهرم ، وكذلك يحدث بعد التصايي ، أي بعد تغريق مثلاً ، أن يعمل البحر على استفحال تسننات خط الساحل . والواقع كثيرا ما يتعرض التضريس القاري المغرق إلى الانطماش 'empate' بفعل انطواء قاع الأودية ، وتزايد سماكة التربة التي تحجب انقطاعات الميل . ويعتمد البحر بادئ ذي بدء إلى كشط هذه التوضعات الرخوة وبذلك يزداد في تعرجات المرتسم الساحلي . وقد دعى العالم جونسون المرحلة التي تنجم عن عملية « شطف » التوضعات الرخوة وأول عملية في تشديد تفاوت شكل الساحل « المرحلة المفترضة » *crénelé* ( شكل ١٤٥ - ٢ ) .

٢ - ولا يعمل الحث البحري التفاضلي إلا في التوضعات الرخوة . وقد رأينا كم يكون تراجع الرواشن متفاوتا حسب نوعية الصخور . وينتج عن ذلك أن يقدم لنا خط الساحل دخلات وبروزات ناجمة عن هذا العمل . غير أن البحر لا يستطيع أن يحفر بعمق في الأراضي إذ سرعان ما ينكبح عنفوان الأمواج بشدة عند كل دخلة .



( شكل ١٤٥ ) - تقويم خط الساحل .

١ - صخر مقاوم ، ٢ - صخر طري ، ٣ - التراكيب الساحلي .

لاحظ المرحلة المفترضة في ٢ ، وكيف أن الزمن الذي يمر بين مرحلتين متتابعتين يزداد طولا أكثر فأكثر .

ورغم هذه التحفظات التي قدمناها ، فإن التقويم هو الاتجاه العام لتطور خط الساحل ، ويتم ذلك بصورة تجعل الساحل يتخذ اتجاهها متعامدا مع موج الهول السائد ( شكل ١٤٥ - ٤ ) .

**رابعا - الأشكال : المصببات الخليجية ، المستنقعات البحرية ، الدلتات .**

المصب الخليجي هو الجزء الأدنى من النهر حيث تكون حركة المد والجزر محسوسة . أما المستنقع البحري فهو نطاق منخفض لا يتصل بالضرورة بمصب نهري ، ولكن قد يتلقى أنهارا صغيرة . والدلتا عبارة عن مصب نهري تتكدس فيه اللحقيات لدرجة تجعله يتقدم على حساب البحر ، أو جعلته يتقدم . وبين هذه المفاهيم الثلاثة لا يكون التخم الفاصل واضحا تماما . ترى ألا يمكن اعتبار دلتا النهر الأحمر ، في فيتنام الشمالية ، والذي يتعرض لتيارات مد وجزر ، يبلغ مداها أربعة أمتار ، كمصب خليجي estuaire ؟ فغالبا ما يتميز الدلتا بانقسام النهر إلى عدة أذرع ، ولكن ليس هذا بقاعدة ؛ لأن هناك دلتات وحيدة الذراع مثل دلتا نهر التبر في إيطاليا ؛ ولكن هذا لا يمنع من وجود الدلتا لأن هناك تراكم لحقيات تزحف على حساب البحر . وأخيرا فإن الاصطلاحات تزداد تعقيدا بدلتات المد ، أي تلك التراكمات الحاصلة بفعل تيار

المد في مدخل مستنقع ساحلي ، كحوض آرকাশون ، في خليج غاسقونيا ، أو الساحل الجنوبي الشرقي في الولايات المتحدة .

هذا وتحتوي المستنقعات الساحلية والمصببات الخليجية نقاطا عديدة مشتركة . فتميز بوجود قنوات مخفورة بفعل تيارات المد والجزر وبوجود نطاقات الترسب . وينسب تشكلها إلى الطغيان الفلاندري<sup>(٤٨)</sup> الذي غرق النطاقات المنخفضة فضلا عن المصببات النهرية ، ومن ذلك تشكلت المستنقعات البحرية ، من ناحية ، والمخارج النهرية التي تشكلت منها المصببات النهرية ، من ناحية أخرى . وعلى كل حال يمكن أن يتشكل مستنقع خلف سهم رملي دون أن تكون هناك ضرورة لافتراض حدوث تغريق قاري . كما يفسر عرض المصببات النهرية بدور تيارات المد والجزر دون أن يكون التغريق ضروريا لفهم الأشكال .

وتبدو المصببات الخليجية والمستنقعات كواحل تتلوى فيها قناة ، أو زمرة من قنوات المد والجزر . وقد يحتاج النبات أحيانا الوحل ، فيشكل نباتا شجريا مثل المانقرووف المداري كما هو الحال قرب مدينة جيزان على البحر الأحمر قرب الحدود اليمنية السعودية أو عشبيا مثل سبارتينا في سواحل أوروبا الشمالية الغربية . وإذا كان الموحل vasière غير مغطى تماما بالنبات ، وتحتاجه المياه خلال بضع ساعات عند كل موجة مد ، فيدعى حينئذ سليك Slikke . أما إذا كان مستورا بالنبات ، فيدعى شور Schorre ويتألف من وحل متجفف ، له قوام الحبوب ، ولا يتغطى بالماء إلا في خلال فترات منفصلة عن بعضها البعض . وقد لا تتمكن موجات المد والجزر من أن تحتل سوى بضع قنوات ترسم أحيانا أكواعا بديعة .

---

( ٤٨ ) القسم الأعلى من الدور الرابع بعد انحسار آخر زحف جودي .

هذا وتشكل الدلتات عندما تتفوق الرسوبات التي يجلبها النهر على الحث . وتشكل الدلتات العديدة على بحار مغلقة مثل دلتا الفولغا على بحر الخزر أو على بحار بلا حركات مد وجزر ، كالبحر الأبيض المتوسط ، حيث نجد دلتات نهر الرون ، ونهر النيل ، ونهر البو ، أو على بحر ضعيف المد والجزر كبحر الشمال ، حيث يشكل نهر الرين دلتاه في هولندا . ويعتبر غياب المد والجزر أو ضعفه بالطبع من الشروط الموائمة لتشكيل الدلتات . ولكن لا تستطيع حركات المد والجزر ، بالنسبة لبعض الأنهار الشديدة الحركة الصلبة ، وذلك رغم سعة مداها الشاقولي والأفقي ، لا تستطيع أن تجرف كل اللحقيات المجلوبة ، كحال النهر الأحمر في فيتنام الشمالية .

وقد يكون الدلتا مغموراً بالماء : فهناك دلتات تحتائية تستطيع زيادة بسيطة في التراكم أن تحولها إلى دلتات حقيقية ، فتجاه ميناء سان نازير ، في غرب فرنسا ، يكون نهر اللوار مقسوماً إلى ممرين منفصلين بقاع بحري ضحل ينكشف قسم منه في حالة الجزر . ولا يؤلف الدلتا بالفعل سوى حالة إطاء فريدة ، فالنهر يوضع عند مصبه لأن السرعة تتناقص عنده فجأة ، مثل حالة تشكل مخروط الانصباب في الوادي الرئيسي بالنسبة للسيل .

ويبلغ هذا الإطماء نسباً أكبر بكثير في الدلتا مما هي في المصب الخليجي لأن الكيات الصلبة المجلوبة بواسطة النهر تكون فيه غير متعادلة مطلقاً مع القدرة الحثية لتيارات المد والجزر . وينتج عن ذلك أحياناً انقسام النهر إلى أذرع ، ومن هذا ينشأ وضع شكل مثلث ، وهو شكل الحرف اليوناني د أي دلتا ، الذي منح اسمه لهذا النموذج من المصبات .

والدلتا عبارة عن شكل متحرك جداً لأن كل ذراع نهري يقوم بتعلية مجراه بواسطة الإطماء ، فيبني حواجب على كل ضفة ويتوصل بذلك للإطلال



من على جانبيه ، ويؤدي فيضان ما إلى فتح ثغرة في الحاجب الطبيعي  
فيتشكل مجرى مائي جديد .

ولكن تقدم الدلتا لا يكون مستمرا إلى ما لا نهاية ، وذلك لسببين : من  
ناحية ، ينج كل ذراع يتناول إلى تخفيض ميله الطولاني ، أي إلى أن يصبح  
محروما من الماء لحساب أذرعة ذات ميل أكثر شدة .

- ومن ناحية أخرى يتزايد العمل الحثي الذي يقوم به موج الهول أكثر  
فأكثر كلما تقدمت فوهة النهر نحو عرض البحر .

وقد نجد على نفس الدلتا إذن قطاعات في حالة تقدم ، وقطاعات  
موقوفة ، وقطاعات في حالة تقهقر ، وهذه الاختلافات ناتجة عن دور كل من  
التراكم النهري ، والتراكم البحري ، وحت أمواج الهول (شكل ١١٦) . والعمل الأخير  
يتعلق كثيرا بتعرض وتوجه الساحل . فبالنسبة لدلتا كامارغ ، الذي يشكله  
نهر الرون ، فإن القطاعات الموجهة للجنوب الشرقي ، أي إلى أكثر أمواج الهول  
عتوا<sup>(٤٩)</sup> ، هي التي تكون موقوفة حتى ولو كانت تتلقى لحقيات نهريّة هامة .  
كما تقوم تيارات الأنقاض بإنشاء أسهم تتشكل عليها كثبان .

وتنتج بنية الدلتات عن كل هذه العوامل . فهي تتميز بالتجزؤ  
cloisonnement ، الناجم عن وجود حواجز levées الأذرع الحالية أو من  
أذرع قديمة مهجورة ، من ناحية ، ومن عصبية عرضانية بالنسبة لخطوط  
الحواجز والتي هي عبارة عن أوضاع الحبل الساحلي السابقة في مختلف مراحل  
تقدمه ، من ناحية أخرى . وتؤدي هذه التجزؤات إلى تشكل « مساكب »  
مستنقعية أحيانا ، مثل مستنقع فاكارس Vaccarès في دلتا نهر الرون ، وكذلك  
بجيرات دلتا نهر النيل مثل البرلس والمنزلة وأدكو ، ولكن الإنسان استطاع

( ٤٩ ) ذلك لأن رياح المسرّال الشمالية ، لا تسبب مطلقا في تشكيل أمواج هول ذات بال .

تجفيف بعض المستنقعات التي تتجاور في الدلتا ، مثل الدلتا الكبرى في آسيا الموسمية ، وحقول البولدر في دلتا نهر الراين في هولندا وبلجيكا ، ودلتا نهر الموز التي تعتبر جميعا من أبداع التحولات الطارئة على المشهد الطبيعي .

وإذا تركنا جانبا المنجزات البشرية ، فإن الدلتا لا تبدو متشابهة أبدا

( شكل ١٤٦ ) :

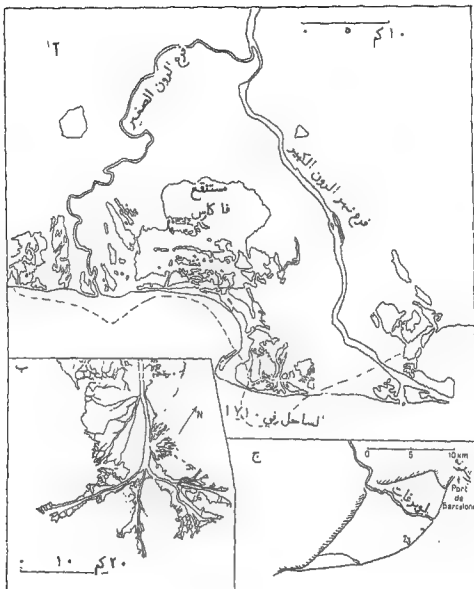
آ - فهناك دلتا تتصف بترام نهرى شديد ، تكون ذات **فصوص lobés** وكل فص يشير إلى تقدم في عرض البحر مثل دلتا الرون ودلتا نهر البو في البحر الأدرياتيكي . وإذا كان التقدم أكثر سرعة من ذلك تشكلت دلتا **اصبعية digités** ، كدلتا نهر الميسيسيبي لأن كل ذراع يتقدم في البحر يشكل اصبعاً طويلاً ( شكل ١٤٦ ب ) .

ب ( الدلتا التي يتفوق عندها الحت البحري وتحتوي على شكل ساحلي مستدير ، كدلتا نهر لوبرغات في قطالونيا شرقي اسبانيا قرب ميناء برشلونة ، ودلتا نهر النيل ، بحيث تجعل الساحل تجاهها مستديراً مقوساً .

#### خامساً : الأشكال : المشيدات الكلسية ، المرجانيات

تستطيع بعض العضويات أن تبني سواحل برمتها . وتتألف هذه الكائنات في الغالب من مرجانيات . وتكون الأشكال المورفولوجية متعددة ولكن يندر أن تكون دوماً بسيطة .

آ ( فالأرصفة الحاجزة تشكل على مسافة ما من ساحل جزيرة صغيرة أو ساحل قارة ، وينتسب إلى هذا النموذج حاجز كوينسلاند الكبير في شمال شرق استراليا ، وغالبا ما تكون هذه الحواجز مقطعة بممرات وذات مرتسم معقد .

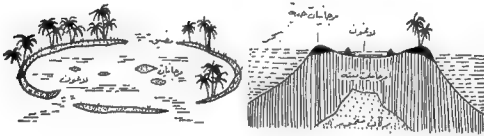


( شكل ١٤٦ ) - نماذج الدلتات

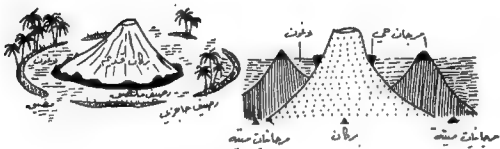
- أ - دلتا نهر الرون للفصص ( كامارغ ) . لاحظ تفاوت تراجع الساحل . أما الجزر الموازية لبحيرة فساكارس فهي عبارة عن حبال ساحلية قديمة .
- ب - جزء من الدلتا الاصبعي في نهر الميسسي .
- ج - دلتا لويزرغات المستدير .

ب - الأرصفة اللاصقة *frangeants* وتكون متلاحمة مع ساحل غير مرجاني وقد تكون مسبقة برصيف حاجز مرجاني مثل الشعاب المرجانية في البحر الأحمر .

ج - المشيدات الحلقيّة ، وأجل نماذجها هي الآتول *atolls* ( شكل ١٤٧ ) وتتألف من بركة مركزية ، هي اللاغون *Lagon* ، ومحاطة بحزام مرجاني وهذا هو وضع معظم جزر المالديف في المحيط الهندي .



جزيرة منخفضة أو أتول مع ثلث من المرجانيات في اللاغون .



جزيرة عالية مع أرفصة ملتصقة وأرفصة حاجزية .

( شكل ١٤٧ )

## الفصل الثاني

### النماذج الرئيسية للسواحل

يمكننا أن نغير الأشكال التالية عند اختيارنا أكثر النماذج الساحلية وضوحاً :

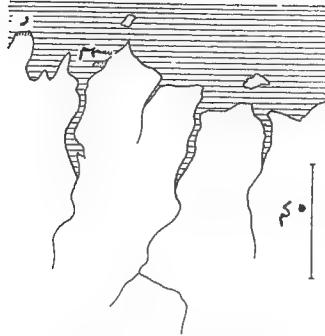
أولاً - السواحل ذات الرياس rias :

نطلق كلمة ريا ria ، وهي عبارة مستعارة من لهجة غاليسيا الإسبانية ، على واد نهري اجتاحه البحر جزئياً أو كلياً (شكل ١٤٨) . ويكون الريا متشعباً أحياناً وقد يحوي على أنواع شأن الشبكة النهرية . وقد يعود التفريق لأصل تكتوني ، ولكن قد ينتج عن الطغيان الفلاندري ( بعد جمودي ) . ولما كان الطغيان المذكور قد طغى على كل سواحل العالم فإن بعض الآراء تذهب إلى أن كل السواحل هي سواحل ذات رياس . ولكن هذا لا ينطبق على السواحل التالية :

- السواحل التي بصم الحت الجمودي عليها طابعه بصورة عميقة كسواحل النرويج .

- السواحل التي تطيف بأرض محرومة من الصرف كالصحاري والمناطق الكارستية ، أي أن أخوار بلاد مسقط وعمان لا تدخل في عدادها .

- السواحل التي تعرضت لنهوض شديد قادر على تعويض أثر التفريق ،



( شكل ١٤٨ ) - مرسوم ذو رياس ( جمع ريا ) .

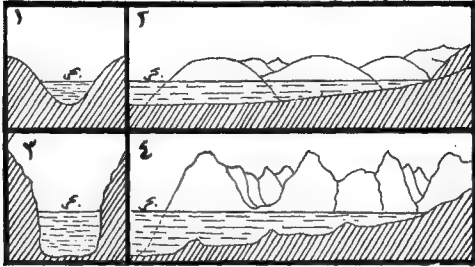
لنموذج يمثل على ساحل شمالي بريطانيا . لاحظ بداية التكوين . فقد برز رأس ر على شكل روثن *faulie* ، وبداية ظهور سهم رملي يتثبت عند مدخل الريا .

أو السواحل التي لم تكن تشتمل على أودية نهريّة مقومة ، بسبب نهوض شديد سابق للطغيان الفلاندري ، بل كانت تحتوي فقط على مسيلات *vallons* شديدة الميل تمثل فيها نهوض مستوى سطح الماء خلال الفترة الفلاندريّة على شكل شرم بسيط .

- السواحل التي كانت تحوي قبل الطغيان الفلاندري على طبوغرافية ضئيلة التمايز في تفاصيلها ، كالسهول المنخفضة ، بحيث لا يكون من الميسور تمييز المصبّات النهريّة عن المستنقعات البحريّة بصورة واضحة .

- السواحل التي أدى التراكم في خلال ما بعد الفلاندري إلى طمس كل أثر ممكن للريا فيها .

وعلى العكس فإن أجمل أشكال الرياس هي تلك التي نجمت عن تغريق



مقطع عرضي ١ وطولاني ٢ لرياس

مقطع عرضي ٣ وطولاني ٤ لفيورد .

( شكل ١٤٩ )

وديان كان لديها الوقت الكافي لأن تزداد عرضاً قبل الطغيان الفلاندري مع احتفاظها بجوانب واضحة بشكل جيد ( شكل ١٤٩ ) .

هذا وقد يكون ساحل الرياس مقوماً إلى حد ما ، فالدخلات تتطور بفضل الردم المحلي ، على غرار المصببات الخليجية ، أو بتشكيل دلتات ، مثلما تتطور النتوءات بتشكيل الرواشن ، بيد أن العهد القريب بالطغيان الفلاندري لم يسمح لها ، إلا فيما ندر ، بأن تتراجع بصورة محسوسة .

#### ثانياً - السواحل ذات الجوانات الصخرية calanques

يمكن اعتبار الساحل ذي الجوانات كحالة فريدة من الساحل ذي الرياس . والأحرى بنا أن نحفظ باسم جوانات كي نطلقها على التسنينات الشاطئية التي تنتهي بممر مسدود ، كأخوار ساحل بلاد مسقط وعمان ، أو

كساحل البروفانس وكورسيكا ، أو لأن الشكل الغارق كان عبارة عن ممر ضيق أو عن بولييه كارستية ، أو لأن الساحل ينطبق على صدع أو ثنية حدثت قبل الطغيان الفلاندري ، وأن النهر الذي كان يصب من فوق الصدع المذكور أو الثنية لم يكن لديه ما يكفي من وقت لتقويم مقطعه الطولاني ومقطعه العرضاني .

### ثالثاً - السواحل ذات الأصل الجمودي :

يمكن تقسيم السواحل ذات الأصل الجمودي إلى ثلاثة نماذج فرعية واضحة جداً وهي : السواحل ذات الفيوردات ، السواحل ذات السكيار ، وسواحل سهول التراكم الجمودي .

١ - سواحل الفيوردات : تطلق كلمة فيورد fjord على واد مغلقي جمودي يحتله البحر بعد ذوبان الجلودية .

وينطبق توزيع الفيوردات فوق سطح العالم على توزيع السواحل التي احتلها الزحف الجمودي مدة طويلة والتي كانت تيارات الجليد عليها محدودة المجاري بحيث استطاعت حفر معالف . وهكذا كانت الفيوردات محصورة إذن على سواحل قائمة وحيث أمكن تخزين تضريس جبار على شكل معالف . ونلاحظ في داخل مجال الزحف الجمودي إن هذه الشروط قد سمحت بنشوء سواحل ذات فيوردات على الحافات الغربية للقارات أكثر من السواحل الشرقية . ونشاهد أجمل الفيوردات على الساحل الباسيفيكي الشمالي لقارة أمريكا ، في كندا والاسكا ، وعلى ساحل تشيلي الجنوبي ، وعلى سواحل الزوج الغربية ، ومنها استعيرت كلمة فيورد ، وعلى وسواحل إيقوسيا ، حيث تسمى لوش lochs ، ذلك الاسم الذي يطلق على بحيرات الاستعماق الجمودي ، مثلما نجدها أخيراً في جزيرة نيوزيلندا الجنوبية .



ونتعرف في الفيوردات على كل مميزات الأودية الجمودية . فيحوي المقطع الطولاني على عتبات وسرّات ( جمع سرة ) ، أكثر وضوحاً من مغاريق الأودية النهرية أو المصبّات الخليجية ، ومحفورة في الصخر الحلي ، حتى ليلبغ عمقها الأقصى ١٢٠٠ متر ، أما المقطع العرضاني فيحوي على منبسّطات ، أو أكثاف . وفي بعض الأحيان تكون الأودية الرافدة معلقة وتصب في الفيورد على شكل شلالات ، وأحياناً تكون مفرقة . وعندها تكون عبارة عن عتبات تحويل transfluence أصبحت مضائق ، كالمضائق التي تدعى ساوند sounds في كولومبيا البريطانية ، في كندا . وقد تعود شبكة الفيوردات والساوند إلى مؤثرات ليتولوجية أو تكتونية ، ولكن هذا لا يمنع من القول بأنها تكونت بفعل الألسنة الجمودية .

٢ - السواحل ذات السكيار : وهي سواحل ذات شعاب écueils ناجمة عن صخور غنية مفرّقة ، وتكون محفوفة بأرخبيلات ، وبجزر صغيرة جداً . وينتسب القسم الأكبر من السواحل الفنلندية والسواحل السويدية ، باستثناء منطقة سكانيا الجنوبية ، ينتسب إلى هذا النموذج . ونجّمت هذه السواحل عن احتلال البحر لساحل سهل حتى جمودي ، ومن المؤكد أن تصادف نماذج انتقالية تقود إلى سواحل التراكم الجمودي .

٣ - سواحل التراكم الجمودي : وتكون على غاية من التنوع ، فالأوس os والدرملينات تشكل فيها خشوما promontoires أو جزيرات ، أما أودية الأنهار تحت الجمودية فتشكل خلجاناً . والأودية الفارقة العائدة لأنهار تحت جمودية هي التي تعطي للساحل الشرقي من شبه جزيرة جوتلند الدافركية أصالتها ، وتؤلّف الأودية قنوات طويلة أو خلجاناً متعرجة ، ذات ضفاف خضراء ومنخفضة مع أعناق عريضة فجائية وانحدارات عكسية . ويقوم الحث

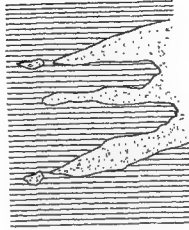
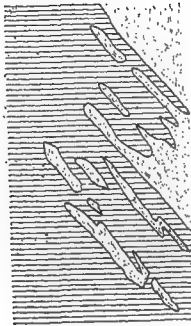
البحري السريع في الانقراض المورينية ، بالإضافة إلى التراكم السريع في المياه الضحلة ، يقوم بتقويم هذا النموذج الساحلي بسرعة .

#### رابعاً - سواحل السهول غير المجدوية

كانت السواحل غير المجدوية حاوية على تضريس على غاية من الضعف حين حدوث الطغيان الفلاندري بحيث كان الساحل سيبدو متقطعاً للغاية لو لم يكن التقويم عليها متقدماً جداً حينذاك . غير أن قلة عمق البحر تسهل عملية التقويم كثيراً حتى لنجد هنا نماذج يكون التراكم فيها متفوقاً ، باستثناء قنوات المصببات الخليجية . ولقد سبق لنا أو وصفنا كل عناصر هذه السواحل مثل المصببات الخليجية ، والمستنقعات البحرية ، والسهام الطويلة أو أعراف الساحل الطليعية العائمة التي تحجز خلفها مستنقعات بحرية كنموذج سواحل لانغدوك السفلى عند مصب نهر الرون أو ساحل الدلتا المصرية بما في ذلك ساحل سيناء الشمالي الغربي الذي يحجز خلفه بحيرة البرودويل . وتبدو نهاية التطور هي نهاية ساحل غاسقونيا جنوب غرب فرنسا ، أو الساحل الفلسطيني حيث يستمر البلاج ، ويكون محفوفاً بكثبان تحجز خلفها أودية نهرية تحولها إلى مستنقعات الماء العذب ، كالمستنقعات التي كان يشكلها نهر المقطع في شمالي حيفا أو الساحل الصومالي المستقيم المحفوف بالكثبان التي تمنع نهر شبيلي من الانصباب في المحيط الهندي على مسافة ٤٠٠ كيلو متر .

#### خامساً - السواحل ذات الاتجاهات البنيوية المتفوقة

تلعب المؤثرات البنيوية دوراً مؤكداً في النماذج التي سبق وصفها . ولكن توجد سواحل تكون فيها هذه المؤثرات البنيوية متفوقة حيث تحدد الجزء الأعظم من خط الساحل . تلك هي السواحل التي تنطبق على ثنية واضحة بشكل فريد كالساحل السوري اللبناني ، أو على صدع كسواحل البحر الأحمر .



٢٠ كم

( شكل ١٥٠ ) - رسم السواحل ذات الاتجاهات البنيوية

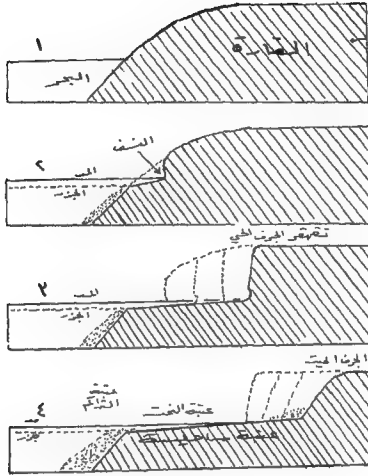
تكون الاتجاهات طولانية إلى اليسار ( حالة الساحل الدالماسي في يوغسلافيا ) وعرضانية إلى اليمين ( حالة ساحل جنوب غرب جزيرة إيرلندا أو سواحل تركيا على بحر إيجه ) .

وهكذا يساير رسم سواحل الكتلة البرازيلية الاتجاهات التكتونية التي تمنحها بساطة خطوطها ، وكذلك السواحل الجنوبية من جزيرة العرب .

واستناداً إلى العلاقات بين الخطوط الموجّهة وبين اتجاه الساحل نستطيع أن نميز سواحل ذات بنية عرضانية أو طولانية ( شكل ١٥٠ ) .

والمثال التقليدي عن بنية طولانية هو الساحل الدالماسي ، حيث تبدو السلاسل الكبرى وكأنها تغور في لجة البحر . وتمثل الجزر الطويلة الموازية للساحل ، في أغلب الأحيان ، محدبات في حين تشكل المقعرات قنوات طويلة أو مضائق . وهكذا نتعرف هنا على عناصر تضريس ملتو غارق .

أما ساحل جنوب غرب إيرلندا فهو مثال من بنية عرضانية ،

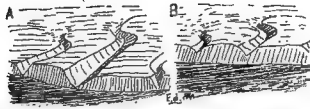


( شكل ١٥١ ) - مراحل تشكل الجدار الساحلي ( الجرف أو الروشن )

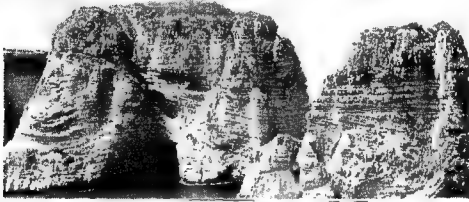
تضريس أبالاشي غارق ، فتؤلف الأخاديد دخلات عميقة في حين تتقدم أعراف الخشوم باتجاه عرض البحر .

### سادساً - السواحل ذات الرواشن أو الجدران الساحلية

يمثل الساحل ذو الرواشن نهاية مطاف تطور : ( شكل ١٥١ ) ولهذا لا نجده إلا في الصخور الطرية ، كالخوار . ويكون الساحل مستقيماً . وتقدم قمة الروشن جانبية profil متموجة ، هو مقطع تضريس قاري تحقق بفعل تقهقر سريع مع وديان جافة معلقة تدعى فاللوز valleuses على ساحل بيكارديا



( شكل ١٥٢ ) - مجسم يظهر تشكل الفالوز . أ - وديان شابة خلال تشكلها .  
 ب - الوديان ذاتها بعد أن باتت بفعل تقعر الساحل ( عن ديارتون )



صورة رقم ١٨ - الروشة في بيروت وتظهر عندها مغارة الحمام . لاحظ الروشن الحواري بالإضافة إلى انعدام التطابق أي ( التناظر ) الستراتيغرافي .

الفرنسية وكذلك على الساحل البريطاني المقابل ، وأودية نهريّة كان لها ، على العكس ، ما يكفي من قوة لأن تتربط دون توقف مع المستوى البحري كلما تراجع المصب . ونموذج هذا الساحل هو بلاكو Caux ، أو الساحل الحواري البريطاني ( شكل ١٥٢ وصورة رقم ١٧ ) .

وأخيراً نلاحظ كثرة النماذج « المختلطة » . فساحل بريطانيا الغربي هو ساحل ذو رياس وساحل ذو بنية عرضانية في آن واحد ، وهو في نفس الوقت ساحل ذو رياس وساحل جونات . وهذا يعني ، هنا أيضاً ، أن المورفولوجيا العامة ليست أكثر من دليل يساعد على التصدي للقضايا الإقليمية .

## الخلاصة

سرعة الحت ، المورفولوجيا الديناميكية ،

المورفولوجيا التطبيقية .

لقد ظلت الأبحاث الجيومورفولوجية ، وذلك خلال مدة طويلة ، عبارة عن أبحاث نوعية ، وصفية ، لأن الاهتمام بقياس سرعة الحت لم يظهر إلا تدريجياً وبصورة بطيئة . ولكن علينا الاعتراف بأن هذا القياس عسير ، أو على الأقل يكون التقدير الاستقرائي بالنسبة لفترات طويلة ، استناداً لقياسات تمت على فترات قصيرة ، تقديرأ محفوفاً بالأخطاء الخطيرة . والواقع هو أن تشكل التقاطيع المورفولوجية يتم غالباً على شكل أزومات متقطعة ، أي على شكل كوارث شاذة منفصلة عن بعضها بفترات تطور يومي بطيء ، وعلى صورة أزومات مناخية منفصلة عن بعضها بفترات توازن بيولوجي - مناخي - مورفولوجي . ويضطرنا هذا الشك إلى البحث عن شواخص ، أي عن دلائل : كالتكوينات السطحية ، والتوضعات التناسبية المؤرخة بمستحاثات أو بفلزات ذات نشاط إشعاعي .

غير أنه جرت محاولات في هذا المضمار . فقد قامت دراسات عديدة لقياس الحمولة الصلبة في الأنهار ، واستناداً إلى توزيعها على وحدات مساحة الحوض السفحي ، فقد أمكن حساب الثخانة التي يخسرها سطح الأرض في كل عام . كما استطاع كوربل Corbel أن يقيس كمية الكالسيوم ، المنصرفة من منطقة ذات صخور كلسية ، ومنها حسب الشظيرة الصخرية المنحلة . أما في منطقة

متنوعة الصخور ، فقد وجد مينار Ménard أن الرقم المتوسط للتآكل يبلغ خمس الميليمتر في العام ، أو ٢٠ سنتيمتراً في كل ألف سنة . وقد توصل كوريل منذ عهد قريب إلى تقدير مجمل الحث العالمي بحوالي ثمانية مليارات متر مكعب ، وتقوم الجوديات وحدها بحت نصف هذه الكمية . وبذلك يبلغ التآكل المتوسط إذن أكثر بقليل من ١ / ٢٠ الميليمتر في العام أو ٥ سنتيمترات في كل ألف عام .

هذا وتؤلف النباتات غطاء واقياً بالنسبة لسطح الأرض . فهي تحول دون تأثير عوامل الحث الريحي أو المائي على سطح الأرض أو تخففها لحد كبير . فمثلاً يحتاج ماء المطر لمدة تبلغ ٥٧٠٠٠ سنة كي ينتزع طبقة من التربة تبلغ ثخانتها ١٨ سم في منطقة مكسوة بالغابات ، في حين لا يحتاج لمدة تزيد عن ٨٠٠٠ سنة في منطقة مستورة بالمروج ، بل يكتفي بمدة ٤٦ سنة للقيام المهمة التخريبية نفسها في منطقة خاضعة للزراعة ، ولمدة لا تزيد عن ١٨ سنة فقط في منطقة عارية تماماً أو سنتيمتر واحد في كل عام .

أما فيما يتعلق بالتكتونيك ، فقد تمكن العالمان تريكار وكايو ، وذلك بفضل التوضعات التناسبية *corrélatifs* ، من تخمين سرعة الحركات الأرضية كذلك التي أوجدت الجبال الألبية . ومنذ زمن طويل تمكن العلماء من التعرف على السرعة الخارقة التي تتصف بها الحركات الجودية التوازنية السيلالية *isostatiques* في منطقة خليج بوتني ، في شمال البلطيك ، والتي تزيد عن المتر الواحد في القرن في أشد المناطق تسارعاً .

وهناك طريقة مختلفة تقوم على وضع شواخص فوق السفوح وعلى قياس نزول وتفرغ التشكلات السطحية . وبذلك تمكن جاهن من تقدير سرعة جريان التربة الحالي في جزيرة سيبيرغ بحوالي سنتيمتر واحد إلى ثلاثة في العام فوق انحدارات تتراوح بين ٣ و ٤ درجات ، وبسرعات قصوى تتراوح بين

٥ و ١٢ سم سنوياً فوق منحدرات تتراوح بين ٧ إلى ١٥ درجة . كما أن الغسل السطحي ، في نفس الأربخيل ، يؤدي لتخفيض سطح الأرض بحوالي ١ مم في كل مائة وخمسين سنة وسطياً .

وقد سمحت هذه الدقة التي أمكن التوصل إليها بالإضافة إلى التعرف على الطرائق الحالية ، سمحت منذ أربعين سنة بنشوء وتطور علم الجيومورفولوجيا الديناميكية . وإذا كانت الجيومورفولوجيا التقليدية تكتفي فقط بوصف المشهد الجغرافي وتفهمه عن طريق دراسة التطور الماضي ، فإن الجيومورفولوجيا الديناميكية تحاول إدراك الطرائق - الماضية أو الحالية - وهي في أثناء عملها . وهكذا لا داعي للدهشة فيما إذا تمكنت ، بالتالي ، من أن تتوقع التطور الذي سيحدث في مستقبل قريب .

وهكذا تتحول الجيومورفولوجيا الديناميكية بسهولة إلى جيومورفولوجية تطبيقية بحيث يستطيع الإنسان أن يؤثر على تحولات المشهد الجغرافي . فلا تكون الجيومورفولوجيا مفيدة لعلم التربة فحسب ، عن طريق دراستها التكوينات السطحية والميول ، ذلك العلم الذي يعتبر أكبر معين للزراعة ، بل تسمح الجيومورفولوجيا أيضاً بالدفاع ضد الفيضانات أو ضد انزلاقات الصخور أو انهيار المباني العالية أو قنوات الري الممدودة فوق صخور ذوابة مثل الجبس أو الأنهدريت كما حدث أثناء استصلاح الأراضي بعد بناء سد الفرات . هذا ويستطيع الإنسان أن يتدخل خاصة في مجال المورفولوجيا الساحلية وذلك من أجل حماية السواحل وتقويم الممرات ومكافحة الاطماء ، وللتعرف على العتبة القارية plateforme التي يتم فوقها التنقيب عن النفط على نطاق واسع والتي تقدم حالياً حوالي ربع نقط العالم ، بحيث تبدو المورفولوجيا كعمود لا غنى عنه لتحقيق المنجزات الكبرى . أما انتزاع الأرض من البحر ، على



طول السواحل المنخفضة كسواحل الفلمنك وهولندا والدلتا المصرية فيستند على معرفة آلية التوضع الاصطناعية وثبتت الوحل .

وهكذا تجد الأبحاث البحتة امتدادها في هذه الجيومورفولوجيا التطبيقية التي تتطور وتنمو بفضل الربط الذي تقوم به بين المعارف النظرية والملاحظات والتجارب .

انتهى بعون الله

## الفهرس

الصفحة

	المدخل - أشكال التضريس الأرضي
٧	أولاً - خطوط القاع والفواصل النهرية
٩	ثانياً - الحت ، الليثولوجيا ، البنية
	الجزء الأول : الحت - السفوح ، المجاري المائية ، التسوية ( التسطيع ) .
	الفصل الأول : الحت على السفوح
٢٠	أولاً - فساد الصخر محلياً
	١ - العمل الميكانيكي
	٢ - التحلل
	٣ - الفساد الكيماوي
	٤ - النتيجة : تشكل التربة
٢٤	ثانياً - حركة الانقراض فوق السفوح
	١ - سقوط المهيئات
	٢ - الانهيارات الثلجية
	٣ - السيلان المنبث
	٤ - جريان التربة ، انزلاقات الأتربة
	٥ - الزحف
٢٩	ثالثاً - مقطع السفوح

## الفصل الثاني : النماذج الرئيسية للأحواض النهرية والنماذج الرئيسية

٣٢	للمجاري المائية ( الأنهار )
٣٢	أولاً - النماذج الرئيسية للأحواض النهرية
٣٥	ثانياً - النماذج الكبرى للمجاري المائية
	١ - السيل
٤١	ثالثاً - أشكال السرر
	١ - تعريف
	٢ - مواد السرير
٤٣	رابعاً - الأكوام النهرية ، أو المنادر

## الفصل الثالث : قدرة وحولة الأنهار ومقطع الاتزان

٤٨	أولاً - حولة النهر
٤٩	ثانياً - القدرة الحام والقدرة الصافية
٥٠	ثالثاً - الانحدار أو الميل الاتزاني في كل نقطة
٥١	رابعاً - تغير الانحدار بفعل الحفر والاطماء
٥٣	خامساً - مقطع الاتزان ومستوى الأساس

## الفصل الرابع : تطور الشبكات النهرية والدورة الحتية

٥٦	أولاً - الاسر والانسكاب
٦١	ثانياً - تسلسل الشبكة المائية
٦٢	ثالثاً - ترسيمة الدورة الحتية
٦٤	رابعاً - شبه السهل

## الفصل الخامس : تعاقب الدورات الحتية

٧٠	أولاً - بعض الأمثلة عن تطور عام
٧٤	ثانياً - المصاطب اللحفية

## الجزء الثاني : الجغرافيا البنيوية

### ٧٩ الفصل الأول : مقدمة

٧٩ أولاً - الصخر ، الفلز ، التربة

٨٤ ثانياً - تصنيف الصخور وأعمارها

### ٨٧ الفصل الثاني : الصخور الرسوبية : ١ - الصخور الحبيبية

٨٧ أولاً - بعض التعاريف

١ - الزمر والسحن

٢ - التصنيف الجيومورفولوجي للصخور الرسوبية .

٩٣ ثانياً - الصخور ذات الحبات غير المتلاحة بملاط

١ - التصنيف

٢ - الرمال

٣ - الفضاريات

٤ - المارنيات

١٠٠ ثالثاً - الصخور ذات الحبات المتلاحة

### ١٠٢ الفصل الثالث : الصخور الرسوبية : ٢ - الصخور الكلسية

١٠٢ أولاً - تركيب الصخور الكلسية وخصائصها

١٠٣ ثانياً - الصخور الكلسية غير الكارستية

١٠٤ ثالثاً - الصخور الكلسية الكارستية

آ - قائمة الأشكال الكارستية

١ - الحانق

٢ - الأشكال البنيوية

٣ - اللابيز

٤ - الآفن

٥ - الدولين « الجوبة »

٦ - الاوفالا

٧ - البوليه

٨ - الأودية الصغيرة الجافة

ب - جريان الماء ضمن الكارست

ج - تنوع الكارست باختلاف المناخ

#### ١٢٢ الفصل الرابع : الصخور المتبلورة

١٢٢ أولاً - الصخور المتبلورة البلوتونية

١٢٤ ثانياً - الصخور المتبلورة المتورقة أو التورقية

ثالثاً - التجاور المكاني بين الصخور البلوتونية والصخور المتبلورة

١٢٥ التورقية

١٢٧ رابعاً - الملامح العامة لتقاطيع التضريس في الصخور المتبلورة

١٢٩ خامساً - الاختلاف في تقاطيع مورفولوجية الصخور المتبلورة

#### ١٣٢ الفصل الخامس : الصخور البركانية . التضاريس البركانية

١٣٢ أولاً - الصخور البركانية

١٣٤ ثانياً - النماذج التقليدية الأربعة للفاعلية البركانية

النموذج الأول : النموذج الهاوائي

النموذج الثاني : النموذج الستروميولي

النموذج الثالث : النموذج الفولكاني

النموذج الرابع : النموذج الببلي

١٣٧ ثالثاً - التضاريس البركانية البدائية

١ - المخروط البركاني البسيط

٢ - ميدان الخبث

٣ - مسكوبة اللابة

- ٤ - أشكال أخرى بدائية في البناء البركاني  
 رابعاً - عوامل تعقيد التضاريس البركانية : الحت ، التخريب العنيف ،  
 التصندق أو التصرع ١٤٤  
 خامساً - بعض النماذج الكبرى عن البراكين المعقدة ١٤٩  
 ١ - الطراب  
 ٢ - البركان الكبير الهاوائي  
 ٣ - المخاريط المعقدة  
 ٤ - البراكين الكبيرة ذات البلانيز ( البراكين المتطبقة ) ( نموذج اتنا ،  
 كانتال )  
 ٥ - الأشكال المعقدة الفولكانية - البلية ذات الكالديرا  
 الفصل السادس : تركيب القشرة الأرضية ، تشكل السلاسل الجبلية ،  
 والركائز والأحواض ١٥٦  
 أولاً - النواة ، الغلاف ، القشرة ١٥٦  
 ثانياً - التوازن السيلي ( الايزوستاتي ) ١٥٩  
 ثالثاً - نظرية انسياب القارات ١٦٢  
 رابعاً - تشكل السلاسل الجبلية ١٦٢  
 خامساً - سلاسل طيات الغطاء وسلاسل المقعرات الأرضية أو طيات  
 القاع ١٦٧  
 سادساً - تعريف بعض عناصر البنية الملتوية ١٧١  
 سابعاً - سلسلة جبلية تتحول إلى ركيزة ١٧٣  
 ثامناً - الأحواض الرسوبية ١٧٦  
 تاسعاً - الكسر : نموذج عن حادث مشترك في الركائز وفي الأحواض  
 الرسوبية ١٧٧  
 ١ - تعاريف  
 ٢ - الأنماط التكتونية في المناطق المصدعة

١٨٣ الفصل السابع : التضاريس الناتجة عن بعض البنى البسيطة

١٨٣ أولاً - الطبقات المتوافقة غير المصدعة : زمرة المقاومة المنسجمة

ثانياً - تضاريس الأحواض الرسوبية ذات الطبقات المختلفة القساوة

١٨٤ والأفقية أو المائلة

١ - طبقات أفقية

٢ - طبقات مائلة ، الكويستات

عوامل تمايز الكويستات

١٩٤ ثالثاً - تضاريس الطيات البسيطة

١ - التطور : تضريس جوراسي ، تضريس مقلوب ، تضريس

ابالاشي

٢ - حالة خاصة : تضاريس التوائية في أحواض رسوبية .

٢٠٣ رابعاً - تطور تضاريس الصدوع

٢٠٩ الفصل الثامن : التضاريس الناتجة عن بعض البنى المعقدة

٢٠٩ أولاً - البنى المتنافرة

١ - الكويستات في البنى المتنافرة

٢ - البنى المتنافرة في السلاسل المتتوية

٢١٢ ثانياً - تواؤم الأنهار مع التضريس الالتوائي وانعدام التواؤم

٢١٤ ثالثاً - مبادئ جيومورفولوجية الركائز « المجنات »

٢١٦ رابعاً - نماذج التماس بين الكتل القديمة وحافتها الرسوبية

الجزء الثالث : الجيومورفولوجيا المناخية أو النطاقية

٢٢٣ الفصل الأول : مدخل المناخات في الماضي

٢٢٣ أولاً - مقدمة

٢٢٥ ثانياً - المناخات الرئيسية القديمة وطرائق تحديدها

٢٢٦ ثالثاً - الرباعي : الزحوف الجمودية

٢٢٩ رابعاً - الرباعي : مابعد الزحوف الجمودية

٢٣١ الفصل الثاني : نظام الحت الجمودي

٢٣٢ أولاً - الجموديات الحالية

١ - الجموديات القارية

٢ - القبعات المحلية

٣ - جموديات الحلبة

٤ - جموديات الوادي

٥ - جموديات البيوننت

٢٣٧ ثانياً - تطورات الحت الجمودي

٢٣٩ ثالثاً - الأشكال الجمودية

١ - الحلبة

٢ - الوادي الجمودي

أ - المقطع الطولي

ب - المقطع العرضي

٢٤٦ ٣ - السهول والهضاب الجمودية

٢٥١ رابعاً - التشوهات الجمودية - التوازنية السيالية

٢٥٢ خامساً - الخلاصة

٢٥٣ الفصل الثالث : نظام الحت الحو جمودي

٢٥٣ أولاً - المدخل

٢٥٥ ثانياً - الآليات العاملة في نظام الحت الجمودي

٢٥٨ ثالثاً - التقاطيع المورفولوجية

١ - تقاطيع المساحات المنبسطة

أ - الترب المضلعة



ب - الأبحاث المعشوشبة أو التوفور

٢ - تكيف السفوح

٢٦٤

رابعاً - الخلاصة

٢٦٥

الفصل الرابع : نظام الحت في الغابة المحيطية

٢٦٨

الفصل الخامس : نظام الحت في الأقطار القاحلة وشبه القاحلة

٢٦٨

أولاً - المدخل

٢٦٩

ثانياً - الترب ، الطلاءات ، القشرات ، النطاقات الملحية

٢٧٠

ثالثاً - عوامل الحت

١ - طرائق السيلان

٢ - ضعف التفسخ الكيماوي - احتداد التفكك الميكانيكي

٣ - دور الرياح

أ - الحت الريحي

ب - التكديس الريحي والكثبان

٢٨٣

الفصل السادس : منظومات الحت في مناطق ما بين المدارين

٢٨٣

أولاً - المدخل - مشهد الغابة الكثيفة ومشهد السافانة

٢٨٦

ثانياً - التفسخ الحدليتي والتصلب الحديدي

٢٨٩

ثالثاً - أصالة مورفولوجية الغابة الكثيفة

٢٩١

رابعاً - أصالة مورفولوجية السافانة

الفصل السابع : المسألة المشتركة بين المناطق القاحلة وبين السافانات :

٢٩٣

الحادورات ، البيدهسل ، الإنسبرغ

٢٩٣

أولاً - الأشكال

٢٩٧

ثانياً - التوزيع الإقليمي

٢٩٨

ثالثاً - محاولات تفسير هذه الأشكال

٢٩٩

رابعاً - الخلاصة

## الفصل الثامن : نبذة عن أحت البشرى

### الجزء الرابع : الجيومورفولوجيا الساحلية

#### الفصل الأول : أحت الساحلي

##### أولاً - عوامل أحت الساحلي

##### ثانياً - أشكال الجدار الساحلي والبلاج

##### ١ - الجدار الساحلي

##### ٢ - البلاج

##### ثالثاً - تقويم الساحل بسبب تراجع الروشن وبناء البلاجات

##### رابعاً - الأشكال : المصببات الخليجية ، المستنقعات البحرية ، الدلتات

##### خامساً - الأشكال : المشيدات الكلسية ، المرجانيات

### الفصل الثاني : النماذج الرئيسية للسواحل

##### أولاً - السواحل ذات الرياس

##### ثانياً - السواحل ذات الجوانات الصخرية

##### ثالثاً - السواحل ذات الأصل الجمودي

##### ١ - سواحل الفيوردات

##### ٢ - السواحل ذات السكيار

##### ٣ - سواحل التراكم الجمودي

##### رابعاً - سواحل السهول غير الجمودية

##### خامساً - السواحل ذات الاتجاهات البنيوية المتفوقة

##### سادساً - السواحل ذات الرواشن والجدران الساحلية

##### سابعاً - الخلاصة



